LA SVIZZERA

La Jungfrau vista dall' Isenfluh.

(V. Cap. XVIII, pag. 321.)

SIR JOHN LUBBOCK

LE

Bellezze della Svizzera

DESCRIZIONE DEL PAESAGGIO
E SUE CAUSE GEOLOGICHE

Versione italiana sulla 3ª edizione inglese con aggiunte dell'autore
illustrata con 154 incisioni e una carta della Svizzera

PEL

DOTT. LUIGI SCOTTI

Prefazione del prof. TORQUATO TARAMELLI

ULRICO HOEPLI
EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

1900

PREFAZIONE ALLA TRADUZIONE ITALIANA

Il libro dell'onorevole Sir John Lubbock, del quale il solerte editore ed il diligente traduttore facilitano la conoscenza al pubblico italiano, mi sarebbe assai probabilmente sfuggito se non mi fosse stato indicato da un egregio collega, non geologo ma persona assai colta ed insegnante una materia legale, il signor avvocato Luigi Maino, un giorno che trovatici per caso in ferrovia, si discorreva di viaggi e di guide. Mi affrettai ad acquistare il libro, che quel signore aveva letto con grande soddisfazione; e nel prenderne conoscenza, non tardai a persuadermi a mia volta che questo libro è dei non molti, nei quali la scienza non sia deformata col pretesto di volgarizzarla e che nel lettore, attento e provvisto di coltura, lasciano quel tanto di cognizioni che basta per osservare anche da sè, quando egli si trovi nella regione descritta; perchè questa vi è descritta senza esagerazioni, senza sfoggi di erudizione, senza ingombro di soverchia nomenclatura scientifica e coll'aiuto di buone figure.

In Italia, in questi ultimi anni, per quanto io sappia,

pochi si sono provati a comporre di simili libri in fatto di geografia e geologia; forse perchè gli studiosi sono anche troppo occupati a raccogliere i materiali scientifici per assodare quei concetti fondamentali, sui quali devesi basare la descrizione orografica di un paese, del quale si voglia conoscere dalla stessa conformazione esterna anche la struttura e la storia.

Per quanto riguarda l'Italia peninsulare, chi abbia letto il *Bel Paese* e qualche trattato di geologia, anche elementare, può invero molto apprendere dal bel lavoro del Fischer, che si sta traducendo con opportune note dai signori Novarese e Pasanisi; ma è pur certo che in questo libro sono affermazioni premature e talora anche meno esatte, in particolare sull'orogenesi delle province meridionali; e ciò appunto avvenne per la ragione che dissi. Ma ben diverso è il caso del libro del signor Lubbock, composto in base ai più recenti, attendibilissimi risultati della scienza, in una regione anatomizzata dai geologi ed in particolare da coloro tra questi, che oltre all'esame stratigrafico seguono con larga competenza la ricerca della orogenia e lo studio delle recenti modificazioni del suolo per opera degli agenti esterni, in specie dei torrenti e dei ghiacciai. Di guisa che pel valore dello scienziato genialissimo, che compose questo libro; coll'ottimo ed abbondante materiale scientifico fornito dalle geologie alpine; per essere esso scritto con quello stile semplice, calmo e punto saccente, che è nella natura inglese; con quella impronta di evidenza con cui un uomo d'ingegno suole scrivere di cose da lui viste e capite pel loro verso; il libro qui tradotto è riuscito ben degno della fama dell'autore ed un vero

beneficio intellettuale per coloro che prima di imprendere un viaggio nella Svizzera desiderano sapere qualcosa di positivo della struttura e della storia geologica della regione e che non hanno a loro disposizione una molto ricca biblioteca geologica.

Il bagaglio dei nomi, di cui occorre conoscere il significato, è ridotto in questo libro al minimo e mandato avanti; perchè vi si provi, senza esaurirsi, la buona volontà del lettore. La trattazione degli agenti, che determinarono l'attuale configurazione della Svizzera, occupa i primi dieci capitoli; insistendosi in particolare sulla erosione e sugli spostamenti delle correnti, sul valore dei terrazzi orografici, sulla questione tuttora dibattuta della origine dei grandi laghi alpini in rapporto al fenomeno glaciale e sul significato geologico di vari particolari di forma e di colorito del paesaggio; questa parte generale può servire ad aprire gli occhi anche a coloro che viaggiano nelle nostre montagne, purchè viaggino con calma e senza smanie di eroismi si soffermino a pensare a quello che ammirano.

La parte speciale è una descrizione spesso minuziosa dei singoli distretti montuosi e dei laghi della Svizzera, con opportuni richiami dei criteri fissati nella parte generale; la disposizione delle formazioni, stratificate e massicce, è indicata in tutta la sua reale complicatezza; affinchè il lettore si formi un' idea adeguata della grandiosità dei fenomeni di corrugamento orogenetico per pressioni laterali. I capitoli sull'Oberland Bernese, sul distretto di Glarona e sul lago di Ginevra, sono interessanti anche per la novità delle notizie. L'ultimo capitolo è un sommario dell'opera e l'autore vi considera

le Alpi in rapporto alle altre catene, ricordando i tratti principali della orografia terrestre; espone altresì una sua idea che parve anzi giusta ed evidente al distinto geografo A. Penck. Chiude il libro uno scelto elenco delle principali opere, che si riferiscono al paesaggio della Svizzera, considerato dal punto di vista geologico.

Da quando, circa quarant'anni or sono, ho letto la bella opera del prof. Heer — *Urwelt der Schweiz* — non mi era occorso di trovare in un libro di coltura generale così bene ordinati tanti fatti riguardanti quel tratto dell'Europa, che, per così dire, sintetizza tutta la geologia e la storia stessa di questa scienza. Epperò ho proposto la traduzione del presente volume al signor comm. U. Hoepli colla convinzione di promuovere in Italia la coltura in quella delle scienze naturali, la quale maggiormente esige che l'occhio della mente penetri oltre al sensibile frenando i voli della fantasia, eccitata dalla stessa contemplazione dell'oggetto. Che un astronomo sappia prevedere un eclissi, oramai non stupisce alcuno; ed è desiderabile al pari che il maggior numero delle persone colte sappia come si possano prevedere i terreni da attraversarsi con una lunga galleria o con un pozzo di miniera. Ed ho anche l'idea che in particolare agli alpinisti convenga questo libro; perchè, senza disconoscere i vantaggi che anche in Italia ha recato l'alpinismo alla geologia, senza tema di offendere la verità si può affermare che questa bellissima forma di divertimento ragionevole — poichè intendo parlare dell'alpinismo fatto con giudizio — non ha apportato ancora quei frutti, che si ripromettevano i promotori di essa, i quali, naturalmente, erano geologi, per lo più anche

tra noi. Se poi ad alcuno in Italia verrà in animo di fare un libro come il presente, per quelle regioni che meglio si conoscono, ad esempio per le Prealpi o per le Alpi Apuane, io sarò ancora più soddisfatto che la mia proposta sia stata favorevolmente accolta, affinchè fosse divulgato un buon esempio.

Auguro alla edizione italiana la meritata fortuna che arrise all'originale in inglese, già arrivato alla terza edizione, la quale appunto ha servito al traduttore. Questi pose ogni sua cura a che fosse reso il senso del testo, interpellandone spesso anche l'illustre autore, al quale l'editore, il traduttore ed io rendiamo pubbliche grazie per avere egli permesso ed aiutato questa versione.

Pavia, febbraio 1900.

PROF. TORQUATO TARAMELLI.

PREFAZIONE

Nell'estate del 1861 io ebbi il piacere di passare una breve vacanza nella Svizzera con Huxley e con Tyndall. Tyndall ed io ascendemmo il Galenstock e pervenimmo con Benen (che poscia perdette la vita sull' Haut de Cry) sulla Jungfrau, ma fummo fermati da un accidente occorso ad uno dei nostri portatori che cadde in un profondo crepaccio, dal quale durammo qualche fatica a liberarlo, come Tyndall ha pittorescamente descritto nelle sue *Hours of Exercise on the Alps*.

Fin da quel tempo molte delle mie vacanze trascorsero sulle Alpi. Sovra di esse ho goduto molti e molti giorni deliziosi, ad esse io devo molta salute e felicità, nè posso trascurare di esprimere la mia gratitudine al popolo svizzero per la sua gentilezza e cortesia.

La mia attenzione fu da principio rivolta agl' interessanti problemi che presenta la geografia fisica del paese. Era mio desiderio conoscere quali forze avessero sollevato le montagne, scavato i laghi e diretto i fiumi. Per tutta la durata delle vacanze, tali questioni occuparono i miei pensieri, e molto io lessi di quanto è stato

scritto su tale argomento. Invero, le nostre cognizioni sono molto incomplete; molti problemi traggono ancora in inganno i più grandi geografi e per altri esiste tuttora una gran diversità di opinioni. Nondimeno è stato raccolto un immenso cumulo di notizie; su molti punti vi è un accordo perfetto fra coloro che più sono atti a dare giudizio, ed anche dove grandi autorità differiscono, una breve esposizione delle loro vedute — in una forma che potesse giovare a quelli che viaggiano la Svizzera — facilmente riuscirebbe interessante ed istruttiva. Pure, un tal libro non esiste. Io feci premura presso Tyndall ed altri di gran lunga migliori di me, perchè volessero darci un simile libro, persuaso che tornerebbe gradito ai nostri compatrioti ed aggiungerebbe piacere ed interesse alle loro gite svizzere. Ma essi, occupati in altre guise, incoraggiarono me a tentarlo, promettendomi il loro valido aiuto; e questa sia la mia scusa per avere intrapreso il compito, forse prematuramente. Per mala fortuna abbiamo perduto Tyndall, ma il Prof. Heim e Sir John Evans sono stati assai gentili, poichè ebbero la cortesia di rivedere le prove e mi furono larghi di preziosi suggerimenti.

Il Governo Svizzero ha pubblicato una serie di carte eccellenti, preparate a spese dello Stato, sotto la direzione del Generale Dufour. Si ha pure una carta geologica dell'Heim ed una più antica di Studer ed Escher, molto ammirata quando venne alla luce e che in complesso rimase come il fondamento per le ricerche più recenti. Studer, infatti, fu il padre della geologia svizzera; egli raccolse un gran numero di osservazioni, e pertanto se io non ho citato più spesso le sue ricerche,

l'ho fatto perchè voleva riferirmi agli autori più recenti. Nel 1858 egli fece la proposta che la carta del Dufour fosse tolta come la base per un rilievo geologico su scala più vasta. Il Governo Svizzero dette il suo assenso; votò la modesta somma di L. 120, elevata in seguito a L. 400 all'anno, e nominò una Commissione composta dei signori B. Studer, P. Miriam, A. Escher von der Linth, A. Favre ed E. Desor. Sotto la loro sorveglianza, apparve a poco a poco la presente carta geologica in 25 fogli; l'ultimo fu pubblicato nel 1888, il giorno stesso della morte di Studer.

In aggiunta alle carte geologiche, la Commissione ha pubblicato una splendida serie di oltre trenta volumi descrittivi, per opera e merito dei signori A. Müller, Jaccard, Greppin, Möesch, Kaufmann, Escher, Theobald, Gilliéron, Baltzer, Fritsch, Du Pasquier, Burckhardt, Quereau, Heim, Schmidt, Favre, Renevier, Gerlach, Schardt, Fellenberg, Rolle, Taramelli e d'altri.

Non è qui il luogo di dare un catalogo a parte dei volumi e delle memorie sulla Geologia e sulla Geografia fisica della Svizzera. Jaccard, nella sua opera sul Giura e la Svizzera Centrale, ne enumera non meno di 959, ma fra i più importanti io posso citare il magnifico lavoro di Heim, *Mechanismus der Gebirgsbildung,* la *Geologie der Schweiz* di Studer, gli *Etudes sur les Glaciers* di Agassiz; di Suess, *Das Antlitz der Erde;* di Favre, le *Recherches Géologiques,* e per i fossili l'opera di Heer; e fra le pubblicazioni più brevi, oltre quelle dei geologi già riferiti, in particolar modo quelle di Bonney, Morlot, Penck, Ramsay, Rütimeyer e Tyndall.

Io mi sono specialmente diffuso sulle valli dell'Arve,

del Rodano e del Reno, della Reuss, dell'Aar, della Limmat e del Ticino come tipi di valli longitudinali e trasversali, ed anche perchè sono fra i distretti più frequentemente visitati. Inoltre esse sono state mirabilmente descritte, in special modo da Favre, Heim, Renevier e Rütimeyer.

Sono pienamente conscio delle imperfezioni di questo libro; certamente aspettando più a lungo, esso sarebbe forse riuscito migliore, ma anche allora, io sarei stato del medesimo sentire, giusta le parole di Favre: « *il n'y a que ceux qui ne font rien qui ne se trompent pas* » (1).

(1) *Rech Géol.*, iii, 76.

High Elms, Down, Kent,
Febbraio 1896.

SOMMARIO DEI CAPITOLI

CAPITOLO I.

La Geologia della Svizzera.

CAPITOLO II.

L'origine delle Montagne.

CAPITOLO III.

Le Montagne della Svizzera.

CAPITOLO IV.

Ghiaccio e Neve.

CAPITOLO V.

Antica estensione dei Ghiacciai.

CAPITOLO VI.

Valli.

CAPITOLO VII.

Azione dei Fiumi.

CAPITOLO VIII.

Direzioni dei Fiumi.

CAPITOLO IX.

LAGHI.

CAPITOLO X.

INFLUENZA DEGLI STRATI SUL PAESAGGIO.

CAPITOLO XI.

IL GIURA.

CAPITOLO XII.

La Pianura Centrale.

CAPITOLO XIII.

Le Alpi Esterne.

CAPITOLO XIV.

I Massicci Centrali.

CAPITOLO XV.

Il Lago di Ginevra.

CAPITOLO XVI.

IL MASSICCIO DEL MONTE BIANCO.

CAPITOLO XVII.

IL VALLESE.

CAPITOLO XVIII.

L'OBERLAND BERNESE.

CAPITOLO XIX.

L'Aar Superiore.

CAPITOLO XX.

Zurigo e Glarona.

CAPITOLO XXI.

Il Reno.

CAPITOLO XXII.

La Reuss.

CAPITOLO XXIII.

Il Ticino.

CAPITOLO XXIV.

L'Engadina.

CAPITOLO XXV.

Sommario Generale.

TAVOLA DELLE MISURE LINEARI.

1 pollice	=	25,40	mm.
1 piede	=	0,305	m.
1 yard	=	0,914	m.
1 miglio	=	1,609	Km.

INDICE DELLE FIGURE

CARTE.

SERIE DEGLI STRATI

		Principali rappresentanti svizzeri
Recente		
Post-terziario		Depositi glaciali e interglaciali
Terziario	Pliocene	
	Miocene	Molassa e Nagelflue
	Eocene	Calc. Nummulitico e Flysch
Secondario	Cretaceo	Cenomaniano (Calc. di Seewen)
		Gault
		Schrattenkalk, Urgoniano, Aptiano
		Neocomiano
		Valangiano
	Giurassico	Malm (Hochgebirgskalk)
		Dogger
		Lias
	Triasico	Keuper
		Muschelkalk. Haupt-Dolomite
		Bunter Sandstein
Paleozoico	Permiano	Verrucano
	Carbonifero	Puddinghe, Schisti, Arenarie
	Devoniano?	Schisti cristallini vari
	Siluriano?	Rocce eruttive
	Cambriano?	
Schisti cristallini. Gneiss, ecc.		

GLOSSARIO

Anchiterio — Quadrupede dell'Eocene, intermedio fra i Tapiri e gli Equidi. È riguardato come un progenitore del cavallo.
Anticlinale — Vedi pag. 38.
Arcaico — Le epoche geologiche possono classificarsi in cinque divisioni: Arcaica, Paleozoica, Secondaria o Mesozoica, Terziaria, Quaternaria.
Argillose roccè — Risultano di argilla o ne contengono.
Arkesine — Roccia, così chiamata, dal Jurine, che risulta di una miscela di quarzo, feldspato, hornblenda, steatite, clorite. Spesso vi è disseminato anche dello sfeno (*Tr.*).
Basalte — Roccia ignea, di colore oscuro, compattissima, a frattura concoidale o scagliosa.
Batraci — Gruppo d'animali al quale appartengono rane, rospi, salamandre, ecc.
Belemniti — Cefalopodi, affini ai Calamari e alle Seppie.
Bergschrund — Vedi pag. 67.
Bündner Schiefer — Vedi pag. 11.
Bunter Sandstein o arenarie variegate — Vedi pag. 9.
Cargneule o Dolomia cavernosa — Roccia appartenente al periodo triasico.
Clivaggio — Vedi pag. 46.
Crepacci — Vedi pag. 76.
Deckenschotter — Ghiaia grossolana più o meno cementata,

in cui i ciottoli, disfatti o scomparsi, hanno lasciato cavità arrotondate — Vedi Pag. 118.

Dinoterio — Mammifero gigantesco del Miocene.

Diorite — Roccia che differisce dal granito per contenere minor quantità di silice.

Direzione degli strati — Vedi pag. 36.

Dogger — Gruppo medio della formazione giurese — Vedi pagina 12.

Dolomite — Calcare con carbonato di magnesio.

Eocene — Prima divisione dell'Era Cenozoica — Vedi pagina 15.

Erratici — Frammenti di roccia di volume molto vario.

Feldspato — Silicato anidro, alluminoso e magnesiaco; costituisce la maggior parte delle rocce plutoniche e vulcaniche.

Firn — Vedi pag. 66.

Flysch — Vedi pag. 16.

Foraminiferi — Gruppo di conchiglie microscopiche.

Gabbro — Gruppo di rocce cristalline a struttura grossolana.

Gault — Una delle divisioni del Cretaceo — Vedi pag. 14.

Geotettonica — Vedi pag. 12.

Ghiacciaio, grani del — Vedi pag. 70.

Gneiss — Roccia composta di feldspato, quarzo e mica, a struttura più o meno stratificata — Vedi pag. 2.

Granito — Roccia crittallino-granellosa, composta di quarzo, feldspato e mica — Vedi pag. 4.

Hauptdolomite — Vedi pag. 10.

Hochgebirgskalk — Roccia calcarea bruno-scura, grigia, a frattura concoidale — Vedi pag. 12.

Hornblenda — Gruppo di silicati così detto dal clivaggio dotato d'una lucentezza particolare, simile a quella del corno.

Horst — Vedi pag. 26.

Inclinazione degli strati — Vedi pag. 36.

Keuper — Vedi pag. 9.

Lias — Vedi pag. 11.

Loëss — Vedi pag. 234.

Magma — Vedi pag. 3.
Malm — Vedi pag. 12.
Mastodonte — Quadrupede gigantesco affine all'elefante.
Mesozoico — Vedi *Arcaico*.
Miocene — Una delle epoche dell'Era cenozoica — V. pag. 16.
Molassa — Vedi pag. 17.
Morene — Vedi pag. 83.
Muschelkalk o calcare conchigliare — Vedi pag. 9.
Nagelflue — Vedi pag. 17.
Neocomiano — Vedi pag. 13.
Nummulitico — Vedi pag. 15.
Ortoclasio — Feldspato di potassa. Elemento essenziale di molte rocce cristalline, come granito, gneiss, sienite, ecc.
Paleoterio — Mammifero simile al tapiro, appartenente all'Eocene.
Paleozoico — Vedi *Arcaico*.
Permiano — Vedi pag. 9.
Plagioclasio — Genere di felspato. Tschermak lo caratterizza come una miscela di Feldspato di Soda e Calce.
Piega monoclinale — Vedi pag. 36.
Piega-salto — Vedi pag. 37.
Plutoniche, rocce — Rocce ignee consolidatesi al disotto della superficie terrestre.
Porfido — Vedi pag. 5.
Protogino — Vedi pag. 5.
Quarzo — Biossido di silicio.
Rigelo — Vedi pag. 74.
Schisto — Una roccia che si fende in lamine irregolari, sottili.
Secondario — Vedi *Arcaico*.
Seewen, calcare di — Vedi pag. 14.
Sericite — Varietà di mica simile al talco.
Serpentino — Vedi pag. 6.
SHALE — Roccia che si fende secondo lamine normali alla deposizione originaria.
SLATE — Roccia che si fende secondo linee di clivaggio.
Sienite — Roccia composta di feldspato e hornblenda.
Sinclinale — Vedi pag. 38.

Trachite — Lava con debole percentuale di silice.
Trias — Vedi pag. 9.
Urgoniano — Vedi pag. 13.
Valangiano — Vedi pag. 13.
Verrucano — Vedi pag. 8.

ERRATA CORRIGE

Pag.	*Riga*	*Errata*	*Corrige*
24	26	mostra	dona
96	8	Studer	Suter
116	25	Valen	Walen
137	5	in' basso,	in basso
id.	id.	più grossolana	più grossolana,
182	17	Mare	Maare
399	18	di manganese bruno	d'ossido di manganese

CAPITOLO I

GEOLOGIA DELLA SVIZZERA.

Vidi ego, quod fuerat quondam solidissima tellus,
Esse fretum; vidi factas ex aequore terras:
Et procul a pelago conchae jacuere marinae.
Ovidio, Met. XV, 262.

Io stesso ov'eran stabili pianure
Le mobili onde vidi; asciutte terre
Formarsi ov'eran l'acque e le marine
Conchiglie a' flutti giacquero lontane.
Trad. libera.

Il paesaggio della Svizzera è in tanta gran parte dovuto a cause geologiche, che è impossibile parlare della presente configurazione della superficie senza riferirsi in qualche modo alla sua storia nei tempi trascorsi.

Se la geologia rivela il passato con lo studio del presente, l'attuale configurazione della superficie della terra può essere spiegata soltanto con la luce del passato.

Però, non è mia intenzione di far della geologia, oltre quella necessaria al mio scopo.

Grandissime sono le difficoltà presentate dal soggetto, poichè le più alte regioni essendo coperte di neve ed, in molti punti, da cumuli di detrito, sono accessibili soltanto per poche settimane dell'anno. Ma le difficoltà

aumentano in modo speciale, poichè le rocce furono assoggettate a tali estremi di calore e di pressione, che i loro fossili non solo si alterarono, ma spesso si distrussero interamente. Inoltre le rocce stesse si sono curvate e piegate, subirono rovesciamenti e fratture, vennero schiacciate e stritolate o si sono così completamente metamorfosate che, in molti casi, tutti i loro caratteri sono cangiati al di là di ogni ricognizione.

ROCCE IGNEE-GNEISS.

A cominciare dalle rocce ignee, le quali vengono dal centro infuocato della terra, lo Gneiss, che, nella Svizzera, come altrove, è la roccia fondamentale, forma in gran parte le catene montuose del centro, riapparendo pure in altri luoghi — ad esempio, a Laufen sul Reno. Esso si troverebbe, come è opinione, da per tutto, se si potesse penetrare abbastanza profondamente.

Lo gneiss è composto di quarzo, di feldspato e di mica ed ha una struttura più o meno lamellosa. Il feldspato è generalmente bianco, qualche volta verde o roseo, e spesso con splendor di cera; la mica è bianca, bruna o nera; e il quarzo forma una specie di pasta che avvolge gli altri ingredienti.

Lo gneiss presenta gli stessi caratteri generali in tutto il mondo. Esso non va sempre riferito alla stessa epoca, e se qualcuno è relativamente recente, costituisce ad ogni modo la roccia più antica che si conosca. Ciò gli conferisce un interesse particolare.

Probabilmente la schistosità dello gneiss è di due specie: l'una dovuta alla pressione, allo schiacciamento e alla laminazione di una roccia ignea primitiva come

il granito, l'altra dovuta all'originaria struttura di segregazione [1].

« I gneiss, dice Bonney, se non realmente parte della crosta terrestre primitiva, possono essere masse eruttate in un tempo in cui rocce liquefatte poterono dovunque essere portate presso la superficie » [2].

Quando la crosta terrestre incominciò a solidificarsi, le acque dell'oceano presente devono avere ondeggiato nell'atmosfera sotto forma di vapori, cosicchè anche alla superficie ci sarebbe una pressione eguale a quella di più di 12.000 piedi d'acqua. Il raffreddamento pure dev'essere avvenuto con molta lentezza. Tuttavia la crosta primitiva, se usiamo le parole nel loro senso comune ad indicare gli strati superficiali, fu probabilmente molto simile al basalte o alle lave dei nostri vulcani.

D'altra parte, i gneiss devono essersi raffreddati e solidificati sotto considerevole pressione ed a grande profondità.

Quando noi ci fermiamo sopra una nuda superficie di gneiss dobbiamo ricordare — e ciò importa molto — che essa deve essere stata in origine coperta da parecchie migliaia di piedi di roccia tutta rimossa.

« Probabilmente — dice Geikie — la grande maggioranza dei geologi adotta ora in qualche modo l'opinione che i gneiss più antichi, o quelli detti « Arcaici », sono essenzialmente rocce eruttive.... Però dev'essere ancora soggetto d'investigazione se essi furono porzioni di un « magma » primitivo liquefatto, venuto dal profondo della

---

(1) Heim, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L, XXIV; Geikie, *Text-book of Geology*.

(2) *Story of our Planet*.

crosta, o furono prodotti da una nuova fusione di parti già solidificate di tale crosta, ovvero di antiche accumulazioni *sedimentarie* deposte sopra di essa » ([1]).

D'altra parte lo gneiss non è certamente tutto della stessa età, giacchè talvolta attraversa altri strati e sembra, inoltre, che ci siano dei casi in cui strati *sedimentarii* furono, dal calore o dalla pressione, metamorfosati in una roccia che, mineralogicamente, non può essere distinta dallo gneiss.

Tra le molte varietà, presentate dallo gneiss, le principali sono: lo gneiss granitico, in cui la disposizione schistosa è tanto grossolana da essere irriconoscibile, eccetto che in grandi masse della roccia; lo gneiss dioritico; lo gneiss-gabbro, composto dei materiali d'una Dolerite o Gabbro, ma con una struttura grossolanamente schistosa; lo gneiss porfiritico o gneiss occhiatino in cui in una ganga più fina sono dispersi grandi noccioli, simili ad occhi, di ortoclasia e di quarzo, e rappresentano cristalli più grandi o aggregati cristallini che sono stati parzialmente distrutti e disposti longitudinalmente dai movimenti di laminazione nella roccia.

GRANITO.

Il Granito come lo gneiss, è composto di quarzo, di mica e di feldspato, ma ne differisce per la struttura non lamellosa. Il granito è una roccia plutonica e può essere di qualunque età; spesso manda vene negli strati circostanti che quindi allontana dalla loro posizione,

---

([1]) *Text-book of Geology.*

nel qual caso essi forniscono prova di tale vicinanza col presentarsi molto alterati dal calore.

Esso si solidificò a considerevole distanza dalla superficie e probabilmente le sue porzioni superiori colarono a guisa di lava. Dà luogo a molte varietà: se mostra tracce di struttura lamellare è conosciuto col nome di Granito gneissiaco. Il Granito — hornblenda contiene hornblenda insieme con gli altri elementi. La Diorite ne differisce per contenere plagioclasia invece di ortoclasia e minor quantità di silice; se i cristalli di feldspato sono grandi e ben definiti è volgarmente conosciuto sotto il nome di Porfido. La Sienite risulta di feldspato (ortoclasia), di hornblenda e di poco quarzo.

Il Protogino, così chiamato perchè fu una volta considerato come la più antica di tutte le rocce, è un granito che contiene sericite invece di mica ordinaria, che può anche esservi.

Il granito, come lo gneiss, deve essersi solidificato sotto pressione considerevole e perciò a grande profondità.

In primo luogo, i cristalli che esso contiene non si sarebbero potuti formare a meno che il processo di raffreddamento sia stato molto lento. Oltre a ciò, essi presentano un gran numero di piccole cavità contenenti acqua, acido carbonico liquido ed altre sostanze volatili. Sorby, le cui conclusioni principali sono state in seguito verificate da altri, tentò di calcolare la pressione sotto cui il granito si solidificò, misurando il valore della contrazione dei liquidi che vi erano rinchiusi, e considerò che i graniti, da lui esaminati, dovettero consolidarsi sotto una pressione equivalente a quella di 30.000-80.000 piedi di roccia.

Probabilmente, gli strati più superficiali rassomigliavano al basalte.

SERPENTINO.

Il Serpentino è una roccia compatta o finamente granulosa, verde-oliva, bruna, gialla o rossa con splendore più o meno setaceo. La sua origine è stata molto dubbiosa, ma ora è generalmente riguardata come una roccia ignea alterata.

SCHISTI CRISTALLINI.

Sopra lo gneiss giacciono immense masse di Schisti Cristallini, con uno spessore di parecchie migliaia di piedi. In essi non si sono rinvenuti dei fossili, quantunque la presenza di grafite e di vene calcaree si sia riguardata come indizio dell'esistenza di vita vegetale ed animale. I più antichi si depositarono forse mentre le acque dell'oceano erano tranquille e ad alta temperatura.

Questi schisti sono così generalmente distribuiti, che, secondo l'opinione di molti geologi, essi sottostanno dovunque ad altre formazioni stratificate, a guisa di una piattaforma o di fondamento.

Tuttavia, in alcune parti della Svizzera, gli strati sedimentarii furono talmente modificati dalla pressione ed, in molti casi, dal calore, che riesce difficilissimo e talora impossibile distinguerli dagli schisti cristallini più antichi.

« Da una parte, dice Geikie, stanno rocce che, senza dubbio, sono di origine sedimentaria, poichè la loro stratificazione originaria può spesso nettamente distinguersi ed anche perchè contengono avanzi organici simili

a quelli rinvenuti in ordinarii strati sedimentarii non alterati. Dall'altra, si trovano masse grossolanamente cristalline che per molti riguardi rassomigliano al granito, e non è evidente il loro carattere primitivo.

Gli schisti superiori presentano tre tipi estremi — Schisto calcareo, Micaschisto e Quarzoschisto, i quali sembra stieno rispettivamente a rappresentare antichi calcari, argille ed arenarie. Alcune di queste sono probabilmente rocce paleozoiche metamorfosate, ma ciò non può determinarsi mancando i fossili.

Gli schisti cristallini inferiori sono con qualche probabilità di origine ignea. Ad ogni modo sono, in generale, intensamente piegati e arricciati.

La presenza di frammenti di schisti cristallini lamellosi nelle puddinghe del Carbonifero prova che la struttura lamellare fu originaria o almeno anteriore al periodo del carbon fossile (1).

Per altro, i problemi presentati da queste rocce sono, come dice Geikie, tanti e così difficili che per la loro soluzione si è fatto un progresso relativamente piccolo.

PERIODO CARBONIFERO.

Le prime rocce fossilifere della Svizzera appartengono al periodo del carbon fossile o al Carbonifero.

Le rocce più antiche del Cambriano e del Siluriano, che altrove presentano una flora ed una fauna tanto ricche e raggiungono uno spessore di molte migliaia di piedi, sono forse rappresentate nella Svizzera da qualche schisto cristallino, quantunque di ciò non si abbiano prove certe.

---

(1) Lory, *Int. Geol. Cong.* 1888.

In generale gli strati carboniferi si mostrano in strette zone che rappresentano la porzione più bassa di pieghe profonde. Una cintura di strati carboniferi si estende dal Delfinato lungo le valli dell'Isère e dell'Arve, con depositi fossiliferi a Brevent, ad Hüningen, ecc. Passa quindi lungo il Vallese inferiore e, se il Verrucano appartiene a questo periodo, occupa una parte considerevole del distretto fra il Reno superiore e il lago di Walen.

È manifesto, però, ed invero ciò si riferisce agli strati fossiliferi in generale, che tali letti sono soltanto i residui di depositi molto più estesi. In alcuni luoghi essi sono stati rimossi ed in altri furono sepolti profondamente sotto strati più recenti.

Nel tempo stesso si è supposto che molta parte della Svizzera, in questo periodo, fosse terra emersa e formasse, probabilmente, una grande isola o un gruppo di isole, mentre la presenza, nei distretti del Vallese e del Monte Bianco, di puddinga contenente ciottoli e massi di roccia, attesta che devono esserci state rapide correnti e qualche tratto montuoso. Il carbon fossile si formò, in modo probabile, in depositi alquanto simili, alle nostre torbiere (1). La vegetazione consisteva principalmente in Felci, Muschi, Licopodiacee ed Equiseti. Sembra che ci sia stata qualche pianta in fiore, ma verosimilmente i fiori erano poco distinti.

Gl'Insetti furono rappresentati da forme somiglianti a blatte, ma non ci furono api, mosche, farfalle o falene. I Batraci fanno la loro comparsa, ma non i Mammiferi, nè gli Uccelli.

---

(1) Non è questa però l'opinione seguita da tutti i geologi. (*n. d. t.*)

Il Verrucano o, come spesso è chiamato, la Sernifite, dalla valle di Sernf, è un deposito sabbioso o di ciottoli appartenente alla fine del Carbonifero o al principio del periodo Permiano.

PERIODO PERMIANO.

Anche durante il periodo Permiano, la Svizzera fu in parte sopra il livello del mare e in parte coperta da esso. Cominciando verso est, pare che la terra si sia a poco a poco abbassata.

PERIODO TRIASSICO.

Nel periodo Triassico sembra che il mare, dopo l'abbassamento cominciato nel Permiano, abbia coperto tutta la Svizzera. Questo periodo meritò il nome di « Trias » perchè in molti distretti, sebbene non dovunque, esso offre tre divisioni principali: una bruna, una bianca, una verde, ovvero l'Arenaria Rossa, detta anche Bunter Sandstein, il Muschelkalk o Calcare conchigliare ed il Keuper che risulta di marne e di calcari.

Nella Svizzera, come in Inghilterra, si hanno considerevoli depositi di sale che appartengono a questo periodo.

Un'altra roccia molto caratteristica di tale epoca è il Gesso, e vi appartengono pure le Dolomiti.

Molte acque minerali ne scaturiscono e devono le loro proprietà agli strati Triassici.

I distretti del Keuper sono generalmente ricchi, mentre i Dolomitici sono poveri, desolati e talvolta quasi privi di vegetazione; ma riescono molto belli per la ricchezza dei colori e delle loro forme bizzarre.

Il Muschelkalk è spesso, come nel passo di Virgloria, un calcare duro, nero, che si fende in lastre, capaci di bella pulitura, sicchè vengono usate per tavole.

I Mammiferi più antichi appaiono in questo periodo. Al Trias Superiore appartiene un profondo deposito di Dolomite grigia, biancastra e gialla, talvolta compressa in un Marmo grigio o grigio-nerastro, conosciuta col nome di Hauptdolomite che, specialmente all'est del Reno, forma spesso le cime più alte e selvagge dei monti, per la sua grande stabilità.

Essa non ha fossili.

Questa relazione fatta intorno alla geografia della Svizzera nei tempi passati differisce, come vedremo, considerevolmente da quella indicata nelle carte del *Mondo primitivo della Svizzera* dell'Heer.

Il prof. Heer considerò i limiti attuali delle diverse formazioni come se essi indicassero l'estensione avuta in origine. Certamente non è questo il caso. Per esempio, gli strati giuresi non si depositarono presso veruna terra. Non vi si trovano nè animali litoranei nè ciottoli, come dovrebbe essere se si trattasse di depositi costieri.

PERIODO GIURESE.

I principali strati del Giura nella Svizzera sono il Lias, il Dogger e il Malm che in complesso raggiungono uno spessore superiore ai 2500 piedi. — Durante questo periodo le Ammoniti e le Belemniti pervennero al loro completo sviluppo, come pure i grandi rettili marini, gli Ittiosauri e i Plesiosauri. Vi prosperarono ancora i rettili volanti o Pterodattili, e vi si incontra il primo uccello (Archaeopterix), che differì da tutte le specie esistenti per una lunga coda e per altri caratteri.

LIAS.

Durante questo periodo sembra che tutta la Svizzera sia stata coperta dal mare. Tuttavia la terra non deve essere stata molto lontana, poichè avanzi di scarabei, di blatte, di locuste, di termiti, di damigelle, di cimici e d'altri insetti si trovano nel Lias di Schambelen presso la confluenza dell'Aar, della Reuss e della Limmat, ed altrove. Non s'incontrano però api, farfalle o falene. È probabile che la Foresta Nera ed i Vosgi fossero terraferma.

Nondimeno i fossili svizzeri indicano un mare profondo. Il Lias è uno strato grigio o nerastro, calcareo, sabbioso o argilloso, ed il colore oscuro è dovuto probabilmente alla quantità di materia organica che contiene. Heer suggerisce che la migliore spiegazione può essere fornita dal Mar di Sargasso. L'Oceano Atlantico, per un'area di circa 40,000 miglia quadrate, è così fittamente coperto di sargassi, che talvolta i bastimenti provano difficoltà ad aprirsi una via attraverso di essi. Il mare è profondo ed i frammenti di erbe morte sono con molta probabilità totalmente disfatti prima che raggiungano il fondo, al quale conferirebbero un colore oscuro. In tal modo egli spiega il colore di questo calcare. I « Bündner Schiefer » che raggiungono uno spessore di 1500 metri nei Grigioni e nel Vallese, sono ora considerati, dai fossili scoperti in parecchi luoghi, come appartenenti a questo periodo. È probabile, però, che gli strati, distinti come Bündner Schiefer sulle carte svizzere, non si riferiscano tutti allo stesso periodo.

DOGGER o GIURA BRUNO.

Durante il Dogger, la Svizzera fu per la massima parte sotto l'acqua, ma dall'esistenza, presso Porrentruy, di letti contenenti parecchie specie di *Patella,* di *Purpura,* di *Mytilus,* di *Nerites* e d'altri molluschi litoranei, è provato che nelle vicinanze ci dovettero essere delle terre. È probabile che, anche in questo periodo, la Foresta Nera ed i Vosgi fossero terraferma.

MALM o GIURA SUPERIORE.

Il Malm è caratterizzato da uno sviluppo considerevole di banchi corallini, sovente di grande spessore. Fra i coralli, che, in alcuni casi, ritengono tuttora la loro posizione naturale, ci sono molti avanzi di Ricci di mare, di Spugne, di Molluschi e di qualche Crostaceo, tenuti insieme da un cemento calcareo in una roccia più o meno solida. Talora essi sono ben conservati, essendo rimasti incastrati nel morbido fango di un mare tranquillo, disteso completamente sulle Alpi Centrali. Invero, la spiaggia meridionale del mare giurese, secondo l'opinione di Heim, deve essere cercata nel nord dell'Africa.

Il Malm è giallo e bianco nel Giura, azzurro-scuro nelle Alpi; per le sue rocce dure, nude, ripidamente inclinate e per i declivii aridi e sterili dà un carattere speciale al paesaggio, laddove il Dogger ed anche più il Lias, per i loro numerosi letti marnosi, forniscono un suolo molto fertile.

Quando il Malm costituisce una roccia azzurro-scura, grigia, concoidale, calcarea, è detto « Hochgebirgskalk ».

Nei celebri depositi di Solenhofen si rinvengono molti avanzi di insetti, tra i quali una falena, il più antico lepidottero che si conosca.

CRETACEO.

Come nel periodo Giurese, così pure nel Cretaceo la Svizzera era sotto il mare. Tuttavia all'est si trovava terraferma.

La completa differenza fra gli animali del Malm o Giura Superiore, e quindi del Neocomiano o Cretaceo Inferiore, sembra implicare un cangiamento di condizioni o un grande lasso di tempo. Fu supposto [1] che la spiaggia meridionale del Mare Cretaceo Svizzero seguisse una linea dal lago di Walen ad Altorf, al Lago di Brienz e a Bex; ma, quantunque sia questo il limite attuale degli strati, essi si estendevano una volta molto più lontano, e sono stati rimossi dalla denudazione.

Heim pensa che nei tempi del Cretaceo incominciarono a mostrarsi delle isole nella regione delle Alpi Centrali. Gli strati del Cretaceo, nella Svizzera, sono compresi fra cinque divisioni principali. La prima o la più antica — il Valangiano — risulta di un duro calcare oscuro, siliceo e talvolta oolitico, come sul Sentis; ovvero di marne e calcari grigio-azzurrastri, come nel Giura. Il Neocomiano, dall'antico nome di Neuchâtel, è talora una dura marna grigio-scura o nera, e tal'altra una marna grigio-azzurrognola che si sgretola facilmente all'aria, ma contiene letti di una pietra eccellente con la quale è fabbricata Neuchâtel. L'Urgoniano (così chia-

---

[1] Heer, *Primoeval Wordl of Schwitzerland.*

mato dalla città di Orgon, presso Arles) o Schrattenkalk è largamente distribuito nelle Alpi. Esso è un duro calcare bianco, dalla superficie spesso solcata da innumerevoli canali che formano un labirinto perfetto. Si presenta sotto forma di muraglie rocciose, alte talora parecchie centinaia di piedi e costituisce spesso le catene e i versanti in causa del suo gran potere di resistenza. È arido e sterile ed offre un gran contrasto col Neocomiano, che in generale sostiene una vegetazione lussureggiante.

Il Gault racchiude molti grani di color verde oscuro d'un silicato di protossido di ferro e dà luogo alle fasce cupe che sono tanto spiccate rispetto al colore più pallido delle altre rocce cretacee.

Il Calcare di Seewen, così detto dal villaggio di Seewen sul Lago di Lowerz, corrrisponde per l'età al nostro Calcare e, come esso, risulta principalmente di conchiglie microscopiche.

Le parti orientali ed occidentali della Svizzera differiscono considerevolmente nelle specie. Essendo i depositi cretacei di origine marina, non possiamo aspettarci di conoscere molti animali terrestri o piante. Le foreste, però avevano Cicadee e Conifere, Pini, Sequoja, ecc., e fanno ora la loro comparsa gli alberi dicotiledoni, poichè il più antico è una specie rassomigliante ad un pioppo, trovato nei letti cretacei di Groenlandia.

Negli strati del Cretaceo Superiore, i Dicotiledoni sono più numerosi, ed è interessante scoprire che essi, per la maggior parte, sono specie in cui il polline viene trasportato da fiore a fiore per mezzo del vento, ovvero sono tali, come la Magnolia, i cui fiori vengono fecondati per opera degli scarabei. Api e farfalle furono tuttora apparentemente assenti o rare e perciò anche i vaghi fiori specialmente conformati per esse.

EOCENE.

Sembra che in questo periodo sia cominciata la formazione delle isole al posto delle Alpi presenti. Le due rocce principali del periodo eocenico sono il Calcare Nummulitico ed il Flysch, che rappresentano differenze di condizione piuttosto che di tempo. Nel Flysch s'incontrano sovente delle fasce di calcare nummulitico, che indicano come il mare fu per qualche tempo favorevole allo sviluppo delle Nummuliti.

In seguito le condizioni mutarono ed esse scomparvero. Ciò si ripetè parecchie volte.

CALCARE NUMMULITICO.

Il calcare nummulitico è così chiamato perchè contiene numerosi Foraminiferi, le conchiglie dei quali, in alcune specie, sono tanto appiattite da rassomigliare a monete.

Inoltre, in molti casi, le dimensioni accrescono la somiglianza.

Il mare, nel quale essi vissero, fu molto esteso. Le Piramidi sono fabbricate con calcare nummulitico, e per tradizione si dice che le Nummuliti sono gli avanzi petrificati delle lenticchie con cui Faraone ricompensò i ragazzi d'Israele.

Esse s'incontrano pure nell'Asia Minore, nella Persia, sull'Hymalaya e nel Thibet, dove ora si elevano ad un'altezza di 5000 metri.

FLYSCH.

Il Flysch è un deposito molto notevole ed importante.

Il nome è una espressione locale bernese, adottata da Studer. Esso è talvolta marnoso, talvolta sabbioso; spesso si presenta a forma di lavagne ed è largamente impiegato. Raggiunge uno spessore pressochè di 2000 m. ed è evidentemente marino; ma, eccetto che negli Schisti di Matt, i soli fossili trovati in esso furono alcune impressioni che si suppongono di erbe marine o forse son buche di vermi. In quali condizioni queste si sieno conservate, mentre ogni altra traccia di avanzi organici è perita, è tuttora un mistero.

Le montagne del Flysch presentano contorni morbidi, e le loro pendici hanno un ricco tappeto di vegetazione.

Tali sono i due depositi principali del periodo eocenico, per quanto riguarda la Svizzera. In altri strati si rinvennero fossili numerosi, tra i quali molti mammiferi ed anche una Scimmia.

MIOCENE.

Durante questo periodo, ebbe luogo la principale elevazione delle Alpi. Naturalmente noi ci aspettiamo rapidi fiumi che si slancino giù dalle alture, trascinando mucchi di ghiaia, ed infatti troviamo enormi depositi di ghiaia grossolana, spesso cementata a formare una roccia dura che contiene massi del diametro di sei pollici, di un piede e talora anche d'un yard.

Questo conglomerato è conosciuto sotto il nome di Nagelflue, ed i materiali, di cui è composto, divengono sempre più fini quanto più si allontanano dalle Alpi, dando luogo ad un deposito più o meno marnoso, detto Molassa. Esso raggiunge un grande spessore: tutto il Rigi, dal lago di Lucerna fino alla sua sommità, è di Nagelflue. La Molassa è composta di parecchi depositi, alcuni di acqua dolce ed alcuni marini; è probabile che le condizioni sieno state differenti nelle diverse parti delle terre basse attuali della Svizzera.

L'incantevole paesaggio della Svizzera Centrale è dovuto in parte alla Molassa.

Generalmente, quella d'acqua dolce è tenera, ma gli strati marini somministrano eccellenti materiali da costruzione, e grandi quantità se ne portano a Zurigo dalla parte superiore del lago.

La Molassa contiene letti di carbone ed è ricca di fossili. Infatti, i depositi di Oeningen contengono forse la più ricca collezione di fossili del mondo. Considerando tutto intero il periodo miocenico, si conoscono circa 1000 specie di piante e 1000 insetti; vi sono state scoperte 32 specie di rettili, laddove nella Svizzera ora ve ne sono soltanto 27. Per rispetto ai Mammiferi, ne sono stati determinati 59, mentre, al presente, la Svizzera ne conta 62; ma quantunque i numeri sieno pressochè gli stessi, le specie sono tutte diverse ed appartengono a gruppi molto differenti. Fra le specie presenti, 15 sono Pipistrelli, ma nessun pipistrello è stato trovato nel Miocene Svizzero. D'altra parte esso contiene non meno di 25 Pachidermi, ed ora il cinghiale è il solo rappresentante dell'ordine; ma durante il periodo miocenico i Tapiri e i Paleoterii (simili a tapiri), gli Anchiterii (simili a cavalli), due specie di Mastodonte, il

Dinoterio e non meno di 5 specie di Rinoceronte vagavano per i boschi e per le pianure della Svizzera.

Per quel che riguarda le piante, se ne conoscono già 1000 specie. Molte rassomigliano e sono probabilmente forme avite di quelle che ora fioriscono in parti del mondo molto lontane. Così ci sono parecchie Sequoia, una delle quali — Sequoia Langsdorfii — rassomiglia strettamente all'Albero Rosso di California, ed un'altra — Sequoia Sternbergii — alla gigantesca Wellingtonia. Altre specie rassomigliano ai Cipressi delle paludi negli Stati Uniti del Sud.

Ci sono pure tipi australiani, come Hakee e Grevillee, mentre s'incontrano anche Palme, Liquidambar, Cinnamomi, Fichi, Alberi della Canfora e molte altre forme meridionali. Di Querce, il prof. Heer ne ha descritto non meno di 35 specie.

Inoltre, molte piante del Miocene si sono rinvenute nel lontano settentrione, facendo supporre un clima relativamente uniforme e dolce. Così, la Sequoia Sternbergii è abbondante nelle ligniti d'Islanda e la Sequoia Nordenskioldi fu trovata in Groenlandia.

Come la intera flora rassomiglia a quella dei nostri giorni, ma è rappresentata da tipi ora sparsi per il mondo intero ed ha la maggiore affinità con quella dell'America del Nord, così, sopra 200 tipi nord-americani, essa ne contiene oltre 140 europei. Essi hanno, d'ordinario, fiori piccoli e fecondati per mezzo del vento. Quelli che sono più distinti e che aggiungono tanta bellezza alla Flora moderna, furono meno numerosi nei tempi miocenici; e molte famiglie sono affatto assenti, quali le Rosacee, le Crucifere, le Cariofillee, le Labiate, le Primulacee, ecc. Le api e le farfalle, quantunque già esistenti, non avevano ancora modificato i fiori tanto profondamente, nè accresciuto il loro sviluppo.

Le specie del Miocene perirono tutte o furono spinte al sud dal periodo Glaciale e vennero sostituite da altre, meglio atte a sopportare un clima freddo. Però non ci fu un eguale cangiamento completo nella flora e nella fauna marina.

SOMMARIO.

Guardando le Alpi nel loro insieme, l'asse principale segue una curva dalle Alpi Marittime al nord-est, per il Monte Bianco, il Monte Rosa [1] e il S. Gottardo, fino ai monti che sovrastano l'Engadina.

Gli strati geologici seguono la medesima direzione. A nord di una linea che corra attraverso Chambery, Yverdun, Neuchâtel, Soletta, ed Olten fino a Waldshut sul Reno si hanno strati giuresi; fra questa linea ed una seconda quasi parallela, condotta per Annecy, Vevey; Lucerna, Wesen, Appenzell e Bregenz sul lago di Costanza, si trovano le terre basse, occupate dagli strati terziarii più recenti; fra questa seconda linea ed un'altra diretta per Albertville, S.t Maurice, Leuk, Meiringen e Altdorf, giace una fascia più o meno spezzata di strati terziarii più antichi, a sud della quale si presenta prima una zona del Cretaceo, e poscia un'altra di epoca giurese seguita da una fascia di rocce cristalline, mentre il torso, per così dire, centrale delle Alpi è composto principalmente di gneiss o di granito.

Se si conduce una linea attraverso la Svizzera, da Basilea a Como, si trovano da Basilea a Olten, cioè alla

---

[1] Questo nome non si riferisce al colore, ma deriva da « reuse » che è un nome locale pel ghiacciaio.

linea dell'Aar, delle formazioni giuresi lanciate in ondulazioni relativamente gentili e che si estendono da sud-ovest a nord-est. Da Olten a Lucerna, il gran piano della Svizzera è colmato dagli strati terziarii superiori — Molassa e Nagelflue — composti di sabbia e di ghiaia asportata dai monti nascenti ed in parte depositata in un mare poco profondo, in parte in laghi.

Presso Lucerna si raggiungono gli strati eocenici, pure di origine marina, che si sono elevati ad un'altezza oltre i 2000 metri.

Continuando nella stessa direzione e subito dopo Vitznau, si viene sopra rocce del Cretaceo, che occupano la maggior parte del Cantone di Nid Dem Wald, ed in Ob Dem Wald ci troviamo sul Giurese. In altre parti della Svizzera, sotto il Giurese appare un considerevole spessore di strati triassici che riposano sul Verrucano — una roccia della serie del Carbonifero —, mentre, lungo la nostra linea, la regione Giurese è seguita immediatamente da rocce cristalline e da gneiss che formano il grande rilievo centrale della Svizzera e si estendono fino al lago di Como. A sud della catena montuosa, come a nord, lo gneiss è seguito da una serie di strati Carboniferi, Triassici, Giuresi, Cretacei e Terziarii, che formano cinture più strette.

Bellagio è sul Trias; dall'isola Comacina il golfo di Como è circondato da strati giuresi, a sud dei quali si trova una fascia di Cretaceo che corre dal lago Maggiore, dirimpetto a Pallanza, per Mendrisio, Como, Bergamo ed il limite meridionale del lago d'Iseo, fino a Brescia e così più oltre verso est.

Quindi, parlando comunemente, si può dire che la spina dorsale della Svizzera è composta di gneiss e di granito ed è fiancheggiata da Schisti Cristallini e da strati Carboniferi, Triasici, Giuresi, Cretacei e Terziarii.

Però, questi si presentano tutti gigantescamente piegati, dando origine alla massima complessità.

La somiglianza di successione, sui due lati della catena, dà ragione per credere che, una volta, gli strati Triassici, Giuresi e Cretacei, a nord e a sud delle Alpi, fossero continui e tale idea è confermata da altre prove, come sarà indicato nei capitoli seguenti.

CAPITOLO II

ORIGINE DELLE MONTAGNE.

> Nulla riposa: come ombre giganti
> Di forma in forma corron gli alti colli,
> Disciolti in nebbia; le tenaci terre
> S'addensan come nubi e si disfanno.
> Per che vicende se' trascorsa, o Terra!
> Vaneggia abisso ov'eran selve opache,
> Ove d'alto rumor suona la via
> Tacea solenne l'ampio mar centrale.
>
> TENNYSON — *Traduz. libera.*

Le vere catene montuose, cioè le porzioni elevate della superficie terrestre, sono i continenti stessi sui quali la maggior parte di esse non rappresentano che semplici rughe; nondimeno quando si parla di montagne, s'intendono, d'ordinario, quelle parti della terra che si trovano relativamente alte sopra il livello del mare. In tal senso le catene montuose possono distribuirsi sotto due gruppi principali ([1]), cioè:

I. Montagne a tavola.
II. Montagne piegate.

([1]) Io dico gruppi «principali» perchè in alcuni casi vi possono essere altre spiegazioni. Von Richtofen ha suggerito che le Dolomiti del Tirolo furono in origine banchi di corallo.

Le cime più alte, ovvero i picchi, possono ancora distinguersi in Vulcani e in picchi dovuti alla degradazione atmosferica.

VULCANI.

I vulcani hanno avuto un effetto relativamente piccolo sul paesaggio della Svizzera, dove un solo gruppo di colline — quello di Hohgau, presso il Lago di Costanza — è di origine vulcanica. Ci sono, del resto, alcune masse isolate di rocce ignee, come ad esempio nel Chiablese ed anche presso Lauchern, nel Wandelibach, che rappresentano probabilmente il collo di antichi vulcani.

MONTAGNE DI DENUDAZIONE.

Immaginiamo un paese elevato sopra l'acqua e con un pendio graduato ed uniforme verso il mare. Tosto che i fiumi vi si sieno stabiliti, guidati da alcune ineguaglianze della superficie, correranno al livello dell'acqua ad intervalli più o meno eguali. Essi formeranno delle valli e, giù per i loro fianchi, ruscelli secondari imboccheranno le correnti principali.

La pioggia ed il gelo denuderanno con speciale rapidità quelle parti della superficie che offriranno la minima resistenza, e così, non solo il versante primitivo sarà diviso in sommità distaccate, ma le catene secondarie si formeranno presso a poco ad angoli retti, per essere ancora tagliate come il primo versante.

Nondimeno, fu opinione generale dei geologi, secondo le parole di R. Murchison, che « la maggior parte

delle numerose aperture profonde e delle depressioni, che si rinvengono in tutte le alte montagne, fossero in primo luogo dovute a crepacci che avvennero durante i varii movimenti che ciascuna catena ha subìto in diversi periodi ».

A sostegno di questo modo di vedere, certe gole, come quelle di Pfäffers, del Trient, del Görner, dell'Aar, ecc., furono citate come casi decisivi; ma ora è provato che anche queste furono a poco a poco tagliate dall'acqua corrente.

La rapidità della denudazione subisce in gran parte l'influenza del carattere degli strati, cosicchè il livello attuale dipende non solo dalla configurazione primitiva ma dalla relativa capacità della roccia a consumarsi. Le vette esistenti non sono quelle che in origine si elevarono di più, ma quelle che hanno meno sofferto; e da ciò deriva il fatto che molti picchi sono quasi alla stessa altezza.

Ognuno che sia stato anche sulla cima d'un monte come il Piz Languard, che io cito perchè facilmente accessibile e tanto spesso visitato, sarà rimasto colpito da un tal fatto; ed avrà osservato che le valli sono una parte dell'intero distretto di gran lunga meno importante di quella che a noi sembra quando ci troviamo in basso. Il Matterhorn è evidentemente un rimasuglio di un'antica catena, che mostra la singolare linea diritta alla sommità.

Anche la grande massa del Bietschorn, tanto imponente quando si guardi giù per la valle di S.t Niklaus attraverso il Rodano a Visp, è una parte del granito circostante che ha resistito agli attacchi con maggior fortuna del resto della roccia.

Le creste delle montagne, solide come sembrano a qualche distanza, sono spesso coperte da frammenti di-

staccati, sfracellati dalle tempeste e specialmente dal gelo.

CATENE MONTUOSE.

La temperatura presente della superficie terrestre è dovuta al sole, poichè è praticamente impercettibile quella fornita dal calore primitivo del pianeta. Le variazioni di temperatura dovute alle stagioni, ecc., non si estendono ad una profondità maggiore di pressochè 10 metri. Oltre a ciò, si trova che, discendendo nell'interno della terra, il calore aumenta, in media quasi di 1° Fahr per ogni 70 metri circa (¹). Perciò, anche a profondità relativamente moderate, il calore deve essere molto grande. Per conseguenza, molti geologi sono stati e sono dell'opinione che la massa principale della terra risulti di materia fusa. Tuttavia, si sa che la temperatura, alla quale ha luogo la fusione, è innalzata dalla pressione, quindi non si deve supporre che, oltre una certa profondità, la temperatura continui a crescere tanto rapidamente. Per la qual cosa, altre grandi Autorità (²) sono d'avviso che la massa della terra, quantunque intensamente calda, sia solida e, senza dubbio, con laghi di materia fusa. Nell'uno o nell'altro caso, la massa centrale continua a raffreddarsi lentamente e quindi a contrarsi, ma la crosta rimane alla stessa temperatura, e perciò con le stesse dimensioni. Stando così le cose,

---

(¹) Agassiz, però, nella miniera di Calumet, presso il Lago Superiore, trovò un valore di 1° Fahr. per ogni 223 piedi (Amer. Journ. of Science, 1895).

(²) V. p. es. Lord Kelvin, *Lectures and Addresses*, vol. *ii*.

sotto la forza opprimente della gravità, deve accadere o un distaccarsi ed abbassarsi di alcune porzioni della crosta, ovvero un corrugamento alla superficie.

MONTAGNE A TAVOLA.

Dove ebbe luogo il primo dei casi accennati si trovano *salti* più o meno numerosi.

Quelle parti che non si sono abbassate, o che si abbassarono meno del resto, rimangono come masse montuose tabulari più o meno incise, dall'azione della pioggia e dei fiumi, in alture secondarie e valli. Tale per esempio è la montagna a tavola del Capo di Buona Speranza, la cui altezza relativa non è dovuta a sollevamento, ma all'abbassamento dei distretti circostanti.

Mentre la crosta della terra si raffreddava e solidificava, alcune porzioni si « stabilirono » per così dire, più presto di certe altre: esse formano come degli appoggi contro cui sono state premute le aree circostanti dai movimenti più recenti. Tali aree sono state chiamate da Suess « Horsts » (1), termine che può essere utile adottare, mancando un equivalente inglese. In alcuni casi, in cui rocce compresse hanno incontrato la resistenza di qualche « Horst » come nel nord-ovest della Scozia e nella Svizzera, esse si sono corrugate nelle guise più straordinarie ed anche si son rovesciate l'una sopra l'altra per parecchie miglia.

Murchison, moltot empo fa, espresse la sua sorpresa per l'esistenza di grandi pianure come quelle della Russia e della Siberia. L. v. Buch suggerì, come una spie-

(1) « Horst » o pilastro stabile.

(*n. d. t.*)

gazione possibile, che esse riposassero su masse solide, le quali, essendosi raffreddate di buon'ora nella storia del pianeta, poterono in tal modo offrire una felice resistenza alle pieghe ed alle fratture delle età posteriori.

MONTAGNE PIEGATE.

Le montagne svizzere appartengono ad un'altra classe ed hanno un carattere molto differente. Esse sono grandemente piegate e compresse (vedi fig. 23-26). La figura prima che rappresenta la cascata d'Arpenaz, nella valle dell'Arve, mostra un grande arco, ma non abbraccia tutta la piega che ha la forma di un S, poichè la fotografia comprende soltanto la parte centrale.

Si è supposto che le montagne si sieno sollevate mediante forze che hanno agito più o meno verticalmente dal basso all'alto, ed a sostegno di tal modo di vedere si ricorse fiduciosamente alle rocce ignee che occupano il centro delle catene montuose. Bisogna confessare che quando si visita la prima volta una regione montuosa, questa teoria sembra razionale ed invero quasi evidente. Però ora si ammette generalmente che una tale spiegazione è insostenibile; che le rocce ignee furono passive e non attive; che lungi dall'aver rappresentata la forza motrice che sollevò le montagne, esse stesse furono sollevate, e che ciò ebbe luogo lungo tempo dopo la loro formazione. Ad esempio, presso la sommità del Windgälle, nel distretto della Reuss, vi è una massa di Porfido. L'eruzione di questo porfido deve aver avuto luogo prima del periodo Giurese stante che ciottoli rotolati di esso si trovano in quella roccia. D'altra parte, la piega alla sommità del Windgälle contiene strati Eocenici. L'origine del porfido è quindi anteriore

Fig. 1. Cascata di Arpenaz.

al Giurese e l'elevazione della montagna è posteriore all'Eocene. È chiaro perciò, che il porfido non ebbe nulla da fare con l'origine del Windgälle.

Inoltre le rocce ignee non hanno prodotto effetto sugli strati che ora vi riposano sopra. Tuttavia, se vi si sono introdotte allo stato di fusione, esse devono aver modificato le rocce vicine fino a qualche distanza. È evidente perciò, che le rocce ignee si sono raffreddate prima che si depositassero gli strati soprastanti.

L'elevazione delle Alpi cominciò soltanto nel periodo terziario, ma si sa che il granito delle Alpi meridionali è per la maggior parte pre-Carbonifero, che il porfido di Bolzano appartiene al periodo Permiano e quello più recente al Trias, e che lo gneiss della catena centrale delle Alpi orientali è ancora più antico; è evidente quindi che queste rocce plutoniche non possono aver preso parte attiva nel sollevamento delle Alpi, che avvenne molto più tardi.

Invero si può avanzare come una proposizione generale che le montagne piegate non sono dovute all'azione vulcanica. Quando, come nelle Ande, le montagne piegate sono associate ai vulcani, i vulcani sono dovuti al piegamento ed allo schiacciamento, ma il piegamento non è dovuto ai vulcani.

Le Alpi quindi non sono state spinte in su dal basso, ma furono corrugate per effetto della pressione laterale. Questo modo di vedere fu suggerito dapprima dal De Saussure, poscia ampliato in più completi particolari da Henry de la Bèche nel 1846, e recentemente sviluppato da Ball, da Suess e in special modo da Heim [1].

---

[1] V. specialmente la grande opera di Heim « *Untersuchungen ü. d. Mechanismus d. Gebirgsbildung* ». Però io dovrei aggiungere che tal modo di vedere non è universalmente accettato.

Del resto, come mostrano le sezioni seguenti (fig. 1, 5, 23-26), si hanno tutte le gradazioni, dalle semplici ondulazioni del Giura alle complicate pieghe delle Alpi (fig. 1, 23-26).

Ma perchè gli strati superficiali sono in tal modo corrugati?

È noto che quando una mela si dissecca e si raggrinza nell'inverno, la superficie si ricopre di rilievi, e se sopra una tavola si pongono fra due pesi alcuni fogli di carta e poscia si avvicinano i pesi, la carta ne rimarrà come spiegazzata.

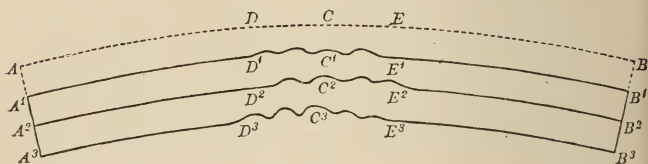



Fig. 2. Diagramma per spiegare le montagne piegate.

Allo stesso modo prendiamo una sezione della superficie terrestre A B (fig. 2) e supponiamo che, per il suo raffreddamento graduato e per la conseguente contrazione della massa, A B si abbassi in A^1 B^1 poscia in A^2 B^2 e infine in A^3 B^3. Naturalmente, se fosse identico il raffreddamento della superfieie e quello della porzione più profonda, gli strati fra A e B si contrarrebbero e potrebbero perciò formare perfino una curva regolare fra A^3 B^3. Però è un fatto certo che gli strati alla superficie del nostro globo si sono da lungo tempo avvicinati ad una temperatura costante. In tali condizioni, fra gli strati A e B non ci sarebbe una contrazione corrispondente a quella nell'interno e per conseguenza essi non potrebbero rimanere piatti fra A^3 e B^3,

ma devono corrugarsi, cominciando lungo qualche linea di minima resistenza.

Talvolta, invero, gli strati sono completamente invertiti ed in altri casi sono stati, per delle miglia, allontanati dalla loro posizione primitiva.

« Le grandi catene montuose, dice Geikie, possono essere riguardate come le creste delle grandi onde nelle quali fu gittata la crosta della terra ».

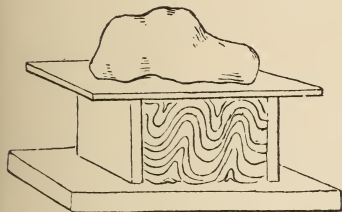



Fig. 3. Esperimento di Hall per spiegare la contorsione.

Fig. 4. Pieghe artificiali prodotte in una serie di strati d'argilla su caoutchouc, secondo una esperienza del Prof. A. Favre.

Giacomo Hall illustrò la origine delle pieghe in un modo molto semplice (fig. 3), ponendo strati di panno sotto un peso e quindi comprimendone i lati. In seguito, più completi esperimenti furono fatti da Favre, Ruskin, Cadell e Daubrée.

La figura 4 mostra il risultato di una delle esperienze di Favre, in cui egli impiegò la contrazione di una striscia di caoutchouc per produrre le pieghe.

Il raccorciamento del Giura ammonta circa ad $^1/_{15}$. Gli strati fra Basilea e il San Gottardo — una distanza di 130 miglia — occuperebbero 200 miglia se fossero orizzontali. Heim calcola la compressione totale delle Alpi ad un *minimum* di 120.000 metri ([1]).

La larghezza primitiva degli strati, che formano il Massiccio dell'Aar, fu almeno doppia della presente, e lo stesso si può dire della catena centrale.

Si calcola che gli Appalachiani si sieno compressi da 150 a 65 miglia.

Molto raramente avviene che una catena di montagne risulti di una piega sola. Generalmente ve ne sono parecchie; una formatasi ordinariamente per la prima, e le altre all'esterno, successivamente.

Nelle Alpi e nel Giura le pieghe meridionali sono le più antiche.

D'altra parte nell'America Centrale, ci sono parecchie catene longitudinali e generalmente i vulcani sono situati sopra linee trasversali di frattura, cosicchè si trovano allineati ad angoli retti con la direzione generale delle montagne, ed in quasi tutti i casi il cratere esteriore, ovvero quello verso il Pacifico, è il solo attualmente in attività.

Un'occhiata ad una buona carta del Giura mostrerà che una serie di catene corrono parallele l'una all'altra secondo una linea leggermente curva da Sud-West a Nord-Est. Che queste catene siano dovute a pieghe della superficie terrestre è manifesto dalla seguente figura, (fig. 5) tolta all'opera del Jaccard sulla Geologia del Giura. Essa mostra una sezione diretta a sud da Brenets a Neuchâtel, per le Locle. Queste pieghe sono re-

---

([1]) *Mechanismus der Gebirgsbildung*, v. 2.

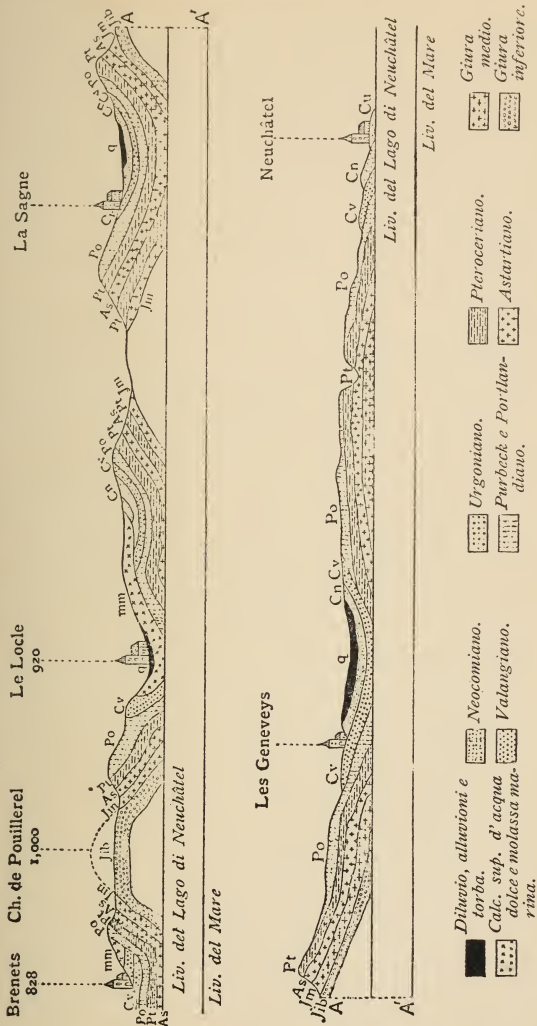



Fig. 5. — Sezione attraverso il Giura da Brenets a Neuchâtel.

Fig. 6. — Sezione attraverso le Alpi, da Basilea a Senago, a N. di Milano. *B*, Basilea; *J*, Giura; *A*, Aar, presso Olten; *Ap*, Alpi; *S*, Senago. Inclinazione da Basilea alla sommità del Giura, $1^{0}\ 37'$; da Basilea alla sommità delle Alpi, $1^{0}\ 43'$.

lativamente leggiere e le colline non molto alte. Nelle Alpi gli strati sono dislocati e piegati molto più violentemente.

Le montagne sembrano così alte che noi siamo disposti ad esagerarne l'elevazione relativa. La seguente figura (fig. 6), secondo Rütimeyer, dà il contorno delle Alpi, da Basilea fin presso Milano.

Questa sezione è intesa ad indicare soltanto l'altezza relativa e si suppone che segua la linea di una delle grandi valli. Tuttavia, anche così, mostra la forte inclinazione a sud della catena principale.

La struttura piegata spande luce sul fatto curioso che nella Svizzera esistano salti in molto minor numero che in una regione simile, per esempio, a quella dei nostri campi di carbon fossile.

Nei distretti piegati le contorsioni sono spesso così grandi che, se non potessimo seguirle ad ogni passo, certamente sarebbero riguardate come incredibili.

In alcuni casi, pieghe anteriori si sono di nuovo piegate od anche la pressione laterale non ha elevato soltanto gli strati in una posizione verticale — per esempio il Calcare e le Sabbie terziarie della Baia di Alum nell'isola di Wight — ma talvolta ha fatto avan-

zare le pieghe per delle miglia, o le ha rovesciate, in guisa che la serie è invertita e i più antichi giacciono sopra gli strati più recenti.

Siccome il raffreddamento e la conseguente contrazione della terra rappresentano un processo continuo, ne segue che le catene montuose sono di età molto dif-

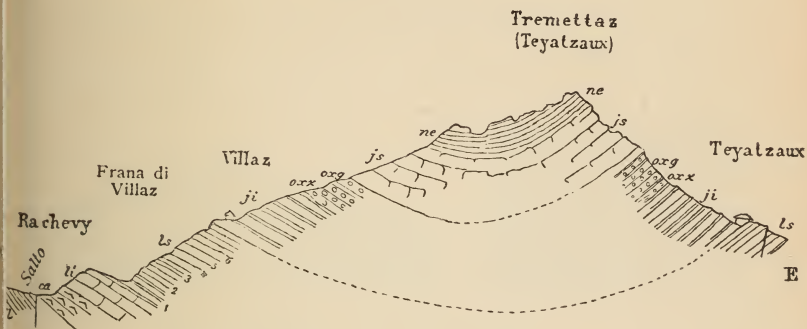



Fig. 7. — Tremettaz.
ne, Neocomiano; *js*, Giura Superiore; *ji*, Giura Inferiore; *ls*, Lias Superiore; *li*, Lias Inferiore.

ferenti; e poichè le sommità vengono continuamente sgretolate e la pioggia e i fiumi ne asportano via i detriti, le catene montuose vanno sempre perdendo in altezza. Le nostre colline di Welsh, quantunque relativamente tanto piccole, sono venerabili per la loro immensa antichità, poichè sono di gran lunga più vecchie dei Vosgi che, però, già esistevano quando gli strati, che ora formano le Alpi, tranquillamente si depositavano al fondo dell'Oceano. Ma, sebbene da questo punto di vista, le Alpi sieno tanto recenti, è probabile che il valore di ciò che ne è stato rimosso eguagli presso a poco il valore di ciò che rimane tuttora. Nondimeno, se non avviene una nuova elevazione, esse saranno ancora ul-

teriormente ridotte, finchè nulla ne resti, se non i meri tronconi.

Che una enorme denudazione abbia già avuto luogo è mostrato dalla figura 7, la quale rappresenta la montagna del Tremettaz presso la valle del Rodano, tra il Niremont e la valle della Sarina, dove è evidente che non solo gli strati sono stati asportati ma ciò che adesso è la cima di una montagna fu una volta il fondo di una vallata.

Fig. 8. — Diagramma che mostra
(A) la direzione e (B) l'inclinazione degli strati.

Gli orli degli strati, che appaiono alla superficie del suolo, formano le « testate ». Talvolta esse sono orizzontali, ma quando non lo sono, la linea di pendenza è detta « inclinazione » (fig. 8 *B*). Una linea orizzontale condotta ad angolo retto all'inclinazione, rappresenta la « direzione » delle rocce (fig. 8 *A*). Se la superficie del suolo è orizzontale, questa coinciderà con la testata. Nondimeno, in un distretto montuoso come la Svizzera, questo caso è molto raro.

Dove gli strati si sono piegati come nella figura 9 si ha una piega monoclinale, e dove forze sotterranee hanno rotto gli strati della spaccatura più o meno verso l'alto o verso il basso, ha luogo un salto (fig. 10).

I salti possono essere piccoli e con un'altezza diffe-

rente soltanto di pochi pollici fra i due lati, ma alcuni sono immensi. Nel caso di un gran salto, descritto da Ramsay, la differenza non è minore di 29000 piedi (8845

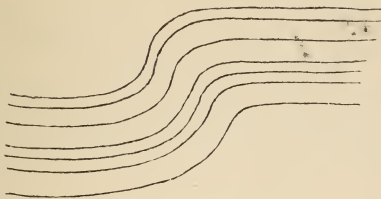



Fig. 9. — Piega monoclinale.

m. circa), e la denudazione è stata anche così completa che la superficie non mostra prova alcuna di esso. Si può quindi stare con un piede su ciascuno dei lati,

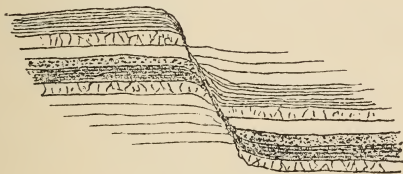



Fig. 10. — Un salto.

senza sapere che lo strato sotto un piede rappresenta un orizzonte geologico molto superiore a quello che sta sotto l'altro.

Qualora gli strati sieno alquanto piegati prima della frattura ha luogo una piega-salto (fig. 11).

Se una piega è molto compressa, i lembi diventano sempre più sottili (fig. 12), mentre nell'arco e nella concavità gli strati vengono compressi e per conseguenza inspessiti.

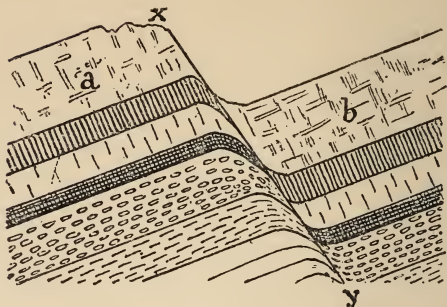



Fig. 11. — Linea di salto (x-y) allo strato superiore dislocato. Gli strati sono piegati presso il salto per lo sforzo nello scivolare.

Nel caso in cui l'arco *A* (fig. 12), invece di essere verticale, è gettato sopra un lato, esso si dice inclinato o coricato. Dove gli strati sono corrugati, la porzione convessa è detta *anticlinale* (fig. 14 *A*) e la concava si dice *sinclinale* (fig. 14 *B*).

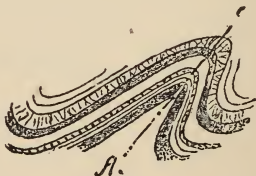



Fig. 12. — Una piega inclinata.

Gli stessi termini sono applicabili quando la porzione superiore è stata spianata, cosicchè gli strati inclinano come nella figura 13.

Gli strati interni di una piega si chiamano cerniere: quelli di un'anticlinale (fig. 14 *A*) costituiscono il *nocciolo* o la *cerniera dell'anticlinale*, e quelli di una sin-

clinale (fig. 14 *B*), il *nocciolo* o la *cerniera della sinclinale.* È ovvio naturalmente che quando gli strati sono così corrugati, essi, se troppo stirati, cederanno alla sommità. Però prima che ciò avvenga, essi sono distesi e

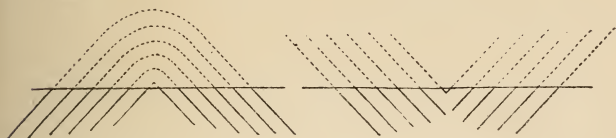



Fig. 13. — Pieghe abrase.

per conseguenza rilassati, mentre invece gli strati al fondo della piega sono compressi: i primi perciò diventano più suscettibili di disgregazione, mentre gli ultimi acquistano un maggior potere di resistenza.

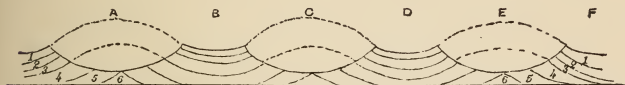



Fig. 14. — Diagramma che mostra pieghe anticlinali e sinclinali.

Nel diagramma superiore (fig. 14) sono rappresentati (1-6) sei strati supposti d'una durezza primitiva quasi uguale, ma che, in causa delle ondulazioni subìte, hanno acquistato una compattezza maggiore nelle concavità e minore nei rilievi. La denudazione agirà quindi con maggiore effetto in *A*, *C*, *E*, che in *B*, *D*, *F*, e quando essa avrà agito abbastanza lungamente, la superficie si mostrerà con un contorno più forte. Questo caso avverrà ancora più rapidamente se alcuni strati sono più teneri degli altri, e dove essi arrivano alla superficie, l'erosione agirà, naturalmente, con speciale effetto. Per-

ciò accade spesso che colline siano diventate valli e valli d'una volta sieno ora cime montuose.

Come esempi del primo caso si può menzionare la valle della Tinière (fig. 98), la Justithal (fig. 127), la Gasterenthal (fig. 121) e Entre-Deux-Monts (fig. 76); e del secondo, il Tremettaz (fig. 7), il Pintga (fig. 133), il Moleson ovvero il Glärnisch.

Nei casi in cui la porzione elevata non è precisamente alla base della sinclinale, gli orli di qualche strato, un po' più duri del rimanente, si proiettano come due picchi più o meno a punta — come sul Mattstock (figura 83) — lasciando nel mezzo una depressione a forma di sella.

Strati a forte inclinazione sono spesso consumati in maniera da formare una specie di muro, che talvolta per la sua sottigliezza è realmente forato da un buco naturale, come per esempio il Martinsloch sopra Elm, nel cantone di Glarona. Un altro di questi orifizi si trova presso la sommità del Pilato; uno nel Marchzahn — una montagna della catena di Gastlose — ed un altro nel Piz Aela, detto anche per tal fatto Pizzo Forato, fra l'Albula e il Reno dell'Oberhalbstein [1].

Quando noi consideriamo queste pieghe scoscese e queste contorsioni complicate, la prima impressione che ne riceviamo è ch'esse si siano prodotte prima che le rocce si solidificassero. Pure non è così. Esse, invero,

---

[1] Theobald's Graubünden, *Beitr. z Geol. Karte d. Schw.* ii.

Anche nel nostro paese non mancano casi somiglianti. Nelle Alpi Apuane, lungo la muraglia montuosa che chiude la valle della Versilia, la Pania Forata o Monte Forato deve questo nome ad una grande apertura, quasi ovale, che passa la montagna da parte a parte. (Di Poggio, *Geogr. fis. e Geol*). — *N. d. Tr.*)

non avrebbero potuto formarsi altrimenti che sotto pressione. Bisogna ricordare che queste rocce, quantunque ora superficiali o vicine alla superficie, devono essere state una volta a grande profondità e sotto pressione enorme. Anche nelle gallerie che, relativamente, sono presso la superficie, si è trovato talvolta necessario di rafforzare e sostenere i muri perchè non si schiacciassero. Le « chausseés » nelle miniere di carbon fossile sono spesso spinte in su e specialmente dove s'incontrano due passaggi. Ciò infatti è così comune che è conosciuto col nome di « creep ». In gallerie profonde, non infrequentemente è accaduto, nel mettere allo scoperto degli strati, che essi si sieno presto piegati e spaccati, la qual cosa dimostra che sopportavano una grande pressione laterale. Anche la miniera più profonda raggiunge 800 metri soltanto. Treska [1] ha dimostrato con un esperimento diretto che la maggior parte dei corpi solidi, piombo, stagno, argento, rame ed anche l'acciaio cederebbero e « scorrerebbero » sotto una pressione di 50,000 Kg. per centimetro quadrato. Inoltre, si ha una prova diretta e decisiva che le rocce svizzere si piegarono dopo la solidificazione.

In molti casi, rocce contorte contengono delle vene (fig. 16), che in realtà sono fessure riempite di calcite, ecc. Tuttavia tali sottili fessure possono presentarsi soltanto in rocce dure. D'altra parte l'Eocene contiene ciottoli rotolati di gneiss del Lias, del Giurese, ecc., che devono perciò esser diventati duri e stabili prima del periodo Eocenico [2], mentre il piegamento non avvenne che più tardi. È chiaro quindi, che, quando ebbe luogo il piegamento, le rocce erano già solidificate.

---

(1) *Comptes Rendus* 1874.

(2) HEIM, *Mech. d. Gebirgsb.*, vol. ii.

Senza dubbio, però, il piegamento fu un processo molto lento. Sempre che noi troviamo una piega, possiamo esser sicuri che, quando si formò, essa era profonda, lontana molto dalla superficie, sotto enorme pressione e dove il materiale era forse reso alquanto più plastico dal calore. Nelle rocce superiori e più recenti noi troviamo la compressione e la frattura, in quelle più antiche ed inferiori si ha la comprèssione e il piegamento.

Infatti le pieghe e le fratture sono i due mezzi con i quali si regolano gli sforzi interni. Essi si sostituiscono l'uno all'altro, e nei maravigliosi distretti piegati delle Alpi i salti sono relativamente pochi, quantunque non possa supporsi che non se ne trovino.

La natura della roccia ha poca influenza sulle grandi pieghe primarie, ma da essa dipende molto il carattere delle minori pieghe secondarie.

La fig. 15 rappresenta un pezzo di micaschisto contorto e rivela come le pieghe siano una miniatura di quelle alle quali, su scala più grande, sono dovute le nostre montagne.

Molte delle figure seguenti offrono un' idea delle pieghe notevoli e del corrugamento che gli strati hanno subìto, in modo (fig. 123) che si sono paragonati ad un mucchio di nastri gettati a terra.

È ovvio che prima che gli strati potessero arricciarsi in tal guisa, essi devono aver subìto enormi pressioni. Per conseguenza ne rimasero molto alterati, ed i fossili ne furono compressi, contorti, schiacciati, stritolati, e in parte o, in molti casi, interamente obliterati. In alcuni luoghi della grande piega di Glarona (v. Cap. XIII) l'Hochgebirgskalk si è ridotto da uno spessore di 450 m. ad averne uno di pochi metri, (1) e talvolta alcune for-

(1) Heim, *Mech. d. Gebirgsb.* vol. ii.

mazioni sono state completamente soppresse. Non si deve perciò, dall'assenza di un dato strato, in tali casi, dedurre che esso non sia esistito. Molto spesso la roccia

Fig. 15. — Pezzo di Micaschisto contorto.

è disfatta in pezzi appiattiti o più o meno lenticolari che sono stati compressi l'uno sull'altro in guisa che le loro superficie son diventate liscie e lucenti. Tali superficie sono conosciute col nome di « superficie di scistosità » o « liscioni ». Questo processo è stato talvolta così

intenso e così generale che difficilmente può trovarsi un pezzo che non presenti una simile superficie levigata.

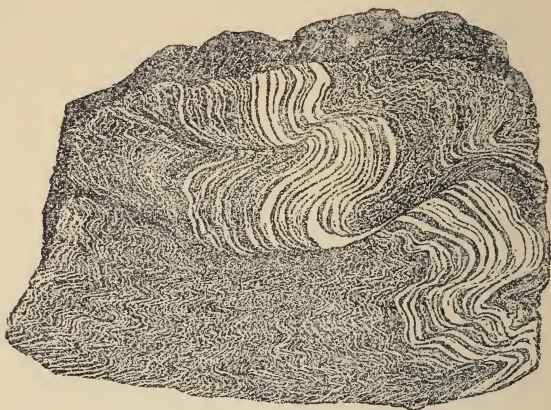



Fig. 16. — Sezione di Rothidolomite.

Le particelle di pietra che ora si toccano furono una volta molto lontane, mentre altre che ora sono a distanza erano una volta molto vicine. Le spaccature, i movimenti

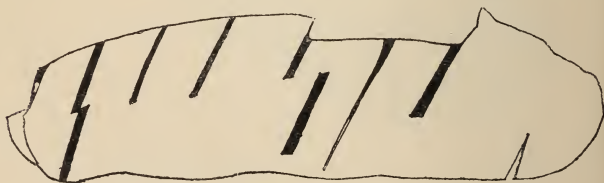



Fig. 17. — Pezzo di Verrucano stirato.

e lo sfregamento che derivano da una simile struttura, devono di quando in quando produrre dei suoni, e forse hanno origine in tal modo i misteriosi rumori sotterranei che talora si odono.

La figura 16 rappresenta una sezione di Rothidolomite nella quale si osserverà che gli strati, come era da aspettarsi teoricamente (vedi pure la figura 12), sono più sottili ai margini dove essi sono stirati, e più larghi negli archi. Tale fatto è visibile in grandi pieghe montuose, quanto in piccoli saggi.

Nella parte della curva dove l'effetto della forza è di distendere gli strati, essi, come dicemmo sopra, diventeranno più sottili, se sono capaci di cedere. Però, se non sono plastici, essi devono spaccarsi, e la riunita ampiezza delle spaccature darà la misura della distensione.

La figura 17 mostra un frammento di Verrucano allungatosi in questo modo.

In molti casi i fossili sono compressi o rotti, ma tuttora distinguibili.

La figura 18 rappresenta delle Belemniti rotte in questa guisa; ma in tutti questi casi l'estensione o la rottura è dovuta non ad una estensione generale della roccia ma ad una spinta laterale.

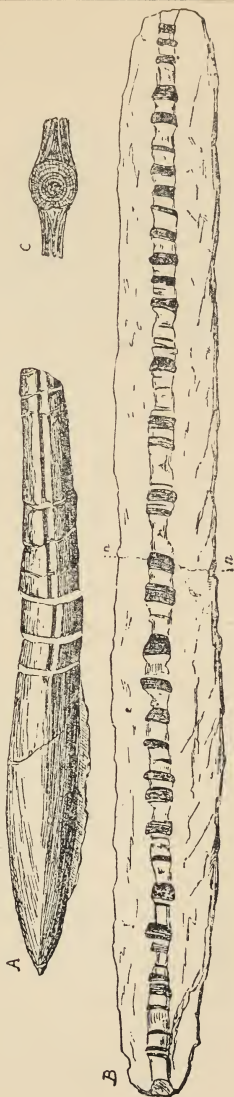



Fig. 18. — Belemniti allungatesi e rotte, 1/2 della grandezza. — *A*, *Belemnites hastilis*, leggermente rotta, *Frête de Saille*. *B*, Saggio molto allungato — *C*, Sezione in *n*.

La figura 19 rappresenta un pezzo di calcare nummulitico, in cui la roccia è stata fratturata non solo lungo la linea *a b*, ma evidentemente un lato della vena è stato spostato. In un tempo posteriore, un'altra frattura avvenne lungo la linea *c d*.

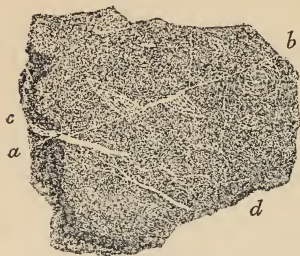



Fig. 19. — Frammento di Calcare Nummulitico.

Alcune rocce sono state talmente stritolate ed impastate insieme, che in molti luoghi è raro trovarne un millimetro cubo presso quelle che ad esse erano vicine in origine. (1) In molti luoghi, frammenti e cunei di una formazione sono stati conficcati in un'altra. (Vedi la Veduta della Jungfrau). Negli schisti terziari della valle di Sernf a Plattenberg, presso Matt, si trovano avanzi ben conservati di pesci appartenenti al genere *Lepidotus*. Agassiz credè di potervi distinguere, e realmente le descrisse, sei specie; ma Wettstein ha dimostrato che essi appartengono tutti ad una stessa specie e che le differenze di forma sono semplicemente dovute alla posizione secondo la quale gli esemplari dovettero giacere relativamente alla direzione della pressione.

In molti casi la pressione ha prodottto il « clivaggio » ed ha realmente cangiate le rocce in schisto, (2) in guisa

---

(1) Heim, *Mech. d. Gebirgsb.*, vol. i.

(2) I geologi inglesi applicano il termine « shale » a rocce che si fendono lungo le lamine dell'originale deposizione e che sono relativamente tenere e facili a distruggersi, e « slate » a quelle in cui la laminazione è dovuta al clivaggio. I geologi del continente comprendono in generale « shale » e « slate » sotto lo stesso significato.

che esse si fendono in lamine o foglietti più o meno perfetti. La direzione del clivaggio è affatto indipendente dalla stratificazione, che essa può attraversare secondo qualche angolo. Heim distingue tre forme di clivaggio; la prima è quella dovuta alla formazione dei « liscioni » come già descrivemmo (vedi *ante*, pag. 43). Il secondo modo di clivaggio è dovuto all'essersi le minute parti-

Fig. 20. — Sezione d'un frammento di roccia argillosa.

celle della roccia appiattite mediante la pressione e disposte ad angoli retti, come mostrano le figure 20 e 21 [1].

Il terzo modo è prodotto dall'essere tutte le lamine, o particelle allungate, ordinate dalla pressione secondo linee di minore resistenza, di modo che sono obbligate a stare parallele l'una all'altra.

Tuttavia non è sempre facile in alcuna guisa, specialmente nelle rocce cristalline, distinguere il clivaggio dalla stratificazione. La struttura della roccia che forma

---

[1] Geikie, *Text-book of Geology*.

la base del Windgälle, e che Heim riguarda come in parte dovuta alla stratificazione, è considerata da alcuni geologi essere tutta dovuta al clivaggio.

Fig. 21. — Sezione d'una roccia argillosa che è stata compressa e mostra la struttura di clivaggio bene sviluppata.

Il fatto che il clivaggio sia stato prodotto dalla pressione fu la prima volta dimostrato da Sharpe e in seguito, con prove maggiori, da Sorby e da Tyndall. In realtà, sotto una grande pressione, la roccia solida si comporta in un modo somigliante a quello del ghiaccio in un ghiacciaio.

Il clivaggio ed il piegamento sono dovuti alla stessa causa. Essi sorsero simultaneamente e non sono che diverse manifestazioni della medesima azione meccanica.

CAPITOLO III

LE MONTAGNE DELLA SVIZZERA.

> Erst dann haben wir ein Gebirg erkannt, wenn sein Inneres durchsichtig wie Glas vor unserm geistigen Auge erscheint. — THEOBALD.
>
> In realtà noi non conosciamo una montagna fino a che il suo interno non sia chiaro come un cristallo agli occhi della nostra mente.

Le montagne della Svizzera, come indicammo nel capitolo precedente, si considerano ora dovute non ad un sollevamento dal basso, ma ad una pressione laterale.

Questa agì da sud-est a nord-ovest ed ebbe luogo in un periodo relativamente recente, ed invero, soprattutto dopo la fine dell'Eocene. Nondimeno si hanno buone ragioni per supporre che un'antica catena occupasse il posto delle Alpi attuali in un'epoca anteriore, e gli strati del Carbonifero mostrano pieghe considerevoli (fig. 22) sulle quali si depositarono il Permiano e strati più recenti.

La puddinga del Carbonifero di Vallorsina, contenente massi di roccia e ciottoli ben arrotondati, indica

che in questo tempo ci dovettero essere montagne e rapidi fiumi.

Però, tali antiche montagne furono rimosse dalla denudazione e tutto il paese si abbassò sotto il mare. Fra l'Eocene e il Miocene vi fu un secondo periodo di disturbo e tutti gli strati, compreso l'Eocene, furono

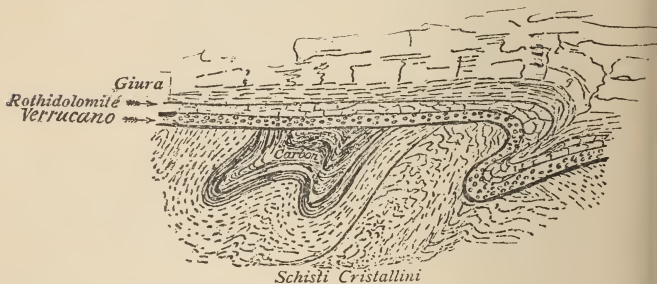



Fig. 22. — Pieghe Carbonifere sul Biferten Grat.

insieme piegati in concordanza. [1] Tuttavia la principale elevazione delle Alpi avvenne tra il Miocene e i periodi glaciali. — Gli strati del Miocene raggiungono nel Rigi un'altezza di 6000 piedi (1830 m.), quindi per ciò le Alpi dovettero sollevarsi almeno di molto, dopo la chiusura di questo periodo relativamente recente.

« È strano pensare, dice Geikie, che i solidi materiali, di cui sono formate tante montagne, rupi e pinnacoli delle Alpi, non sieno di un'antichità geologica più alta di quella dell'Argilla di Londra e di altri teneri depositi Eocenici del sud d'Inghilterra » [2].

---

[1] Heim, *Mech. d. Gebirgsb.*, vol. i.

[2] Geikie, *Manuale di Geologia*.

Sfortunatamente, noi vediamo di rado una carta che comprenda tutte le Alpi, fatta eccezione di qualcuna su piccola scala. Si hanno delle carte separate della Francia, della Svizzera, dell'Italia e dei domìni austriaci, ma per acquistare un'idea generale di tutte le Alpi, si ha bisogno non solo della Svizzera, ma ancora di parte della Francia, dell'Italia e dell'Austria. Se noi avessimo dinanzi una tal carta, noteremmo che, con irregolarità molto minori, le Alpi si distendono sopra un piano definito.

L'asse principale segue una linea curva che abbraccia il nord dell'Italia; cominciando con una direzione quasi esattamente a nord nelle Alpi Marittime, essa si arrotonda gradatamente all'est. Sembra che la direzione sia stata determinata dal preesistente *Plateau* Centrale della Francia e dalla Foresta Nera, che, probabilmente, formavano una barriera continua prima che si abbassasse la valle del Reno. Essi sono infatti degli antichi pilastri, di gran lunga più vecchi delle Alpi, contro i quali la Svizzera è stata lanciata in ondulazioni o pieghe per opera della compressione.

La spiegazione della conformazione delle Alpi, dice Tyndall, e delle regioni montuose in generale, costituisce uno dei più interessanti problemi dei nostri giorni. Due ipotesi sono state avanzate, che possono rispettivamente chiamarsi la ipotesi di *frattura* e la ipotesi di *erosione*.

Quelli che adottano la prima ammettono che le forze, per le quali si sollevarono le Alpi, produssero spaccature nella crosta terrestre, e le valli alpine non sarebbero che le tracce di tali spaccature. Quelli che seguono l'altra ipotesi ammettono che le valli furono tagliate dall'azione del ghiaccio e dell'acqua, e le stesse montagne sono forme residuali di tale grandiosa incisione. All'azione

erosiva qui indicata bisogna aggiungere quella dovuta all'atmosfera (disgregazione e separazione delle rocce per effetto della pioggia e d'altre cause), in quanto modifica le forme dei picchi più esposti ed elevati [1].

Ciò fu scritto più di trenta anni fa ed è stato confermato dalle ricerche posteriori dei geologi. Mentre il piegamento di cui si è detto nell'ultimo capitolo, ha sollevato le catene montuose e determinata la posizione di molte valli svizzere, la *frattura* rappresentò solo una parte subordinata, e la conformazione attuale del paese è dovuta principalmente alla denudazione ed alla erosione, come Tyndall stesso ha sempre ammesso.

La Svizzera è grossolanamente divisa in parti eguali da quattro grandi fiumi, — il Reno, il Rodano, la Reuss e il Ticino — che sebbene abbiano tutti origine dallo stesso grande *Massiccio Centrale*, pure non hanno le loro valli del medesimo carattere.

La valle del Reno-Rodano, da Martigny a Coira, è una valle *geotettonica;* la sua direzione coincide con quella degli strati e fu in origine determinata da una gran piega. Le valli della Reuss e del Ticino, (eccettuata la parte superiore della Reuss, nell'Urserenthal, che è in realtà una porzione della valle del Rodano-Reno e la parte superiore del Ticino, in val Bedretto, che è pure una valle longitudinale) sono trasversali; esse attraversano gli strati presso a poco ad angoli retti, per cui le rocce dei due fianchi sono le medesime. Esse sono dovute interamente, o quasi del tutto, alla erosione.

Nel Giura, dove le pieghe sono relativamente leg-

---

(1) Tyndall, *Conformazione delle Alpi;* « Philosophical Mag. » Ottobre 1864. Vedi pure Scrope, *Sull'origine delle Valli*, « Geol. Mag. » 1866.

giere e la denudazione è stata molto minore, la configurazione presente della superficie segue più da vicino le elevazioni e le depressioni dovute ai cambiamenti geologici (v. fig. 5).

Nelle Alpi il caso è differente, e la denudazione è stata tanto avanzata che a prima vista si possono scoprire soltanto piccole relazioni fra le valli, in quanto che sono indicate dai corsi dei fiumi e dalle catene montuose e dalla struttura geologica della regione.

Ci sono molte valli anticlinali, cioè valli (vedi *ante,* p. 40) che corrono lungo ciò che in altro tempo era la sommità di un arco, come, per esempio, la Justithal (Fig. 127) e la valle della Tinière (Fig. 98).

Talvolta una porzione è separata dal resto del Massiccio al quale appartiene, come, per esempio, il Frusthorn distaccato dal Massiccio dell'Albula per mezzo della valle di Vals, e ci sono casi in cui una catena di montagne occupa la linea di una valle antica. Ne offre un esempio il rilievo montuoso che corre fra il Reno e la Linth Superiore, dal Passo di Kisten alla sorgente della Limmerbach al sud del ghiacciaio di Limmern, per il Biefertenstock al Piz Urlaun e lo Stock Pintga o lo Stockgron [1].

Questa catena di monti occupa il posto di una valle anteriore (v. fig. 133), ma, senza dubbio, in causa della maggior durezza della roccia e per la sua posizione essa ha offerto una resistenza più felice all'attacco, mentre le montagne primitive sono state asportate.

Ad ogni modo alcune catene trasversali sono state, per così dire, smembrate in questa guisa.

Così la Safienthal — la valle del Glenner che sbocca

---

[1] Heim, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.*, L. XXV.

nel Reno ad Ilanz — è limitata da file montuose presso a poco ad angoli retti con la direzione principale delle montagne, la quale, sulla sinistra della valle, ha i suoi punti culminanti nel Piz Ricin, nel Crap Grisch, nel Weissensteinhorn e nel Bärenhorn. Quando la luce è favorevole, si può facilmente osservare, dal fianco opposto della valle, che le correnti hanno tagliato le valli e sono in tal maniera la causa delle montagne.

Questo è un esempio singolarmente manifesto, poichè gli strati, essendo uniformi per tutta la linea, la struttura non è complicata dalla presenza di rocce di durezza e carattere differente.

Invero, se noi paragoniamo due carte, in una delle quali sieno messe in maggior rilievo le principali catene di montagne e nell'altra le valli dei fiumi principali, esse ci sembrano a prima vista tanto diverse che difficilmente supporremmo che rappresentino lo stesso distretto [1]. È manifesto perciò che il principale agente che determinò le valli longitudinali non è quello che dette origine alle sommità montuose.

Quantunque, come vedremo, ci sieno stati molti cangiamenti minori e talune eccezioni sieno dovute ad altre cause, i corsi dei fiumi furono determinati sempre dalle pieghe della superficie; mentre le sommità montuose sono soprattutto il risultato dell'erosione e della denudazione.

Ora considereremo la prova che ci porta alla conclusione che gli strati fossiliferi si estendevano una volta sopra la catena centrale delle Alpi. È un errore comune supporre che i limiti degli strati geologici sieno quelli tracciati ora sopra una carta. È necessaria, però,

---

[1] Heim, *Mech. d. Gebirgsb.*, vol. i.

poca riflessione per mostrare che non fu così. Nelle profondità abissali dell'oceano, il deposito avviene con straordinaria lentezza ed un lungo periodo sarebbe rappresentato soltanto da pochi pollici di roccia. Inoltre, quantunque una formazione marina provi l'esistenza del mare, l'assenza di una formazione marina non prova l'esistenza della terra. Gli strati possono essere stati interamente rimossi, e spesso lo furono. Per esempio, i nostri depositi del Cretaceo, si estendevano una volta molto più in là dei limiti attuali, e tale fu pure il caso per i depositi Secondari della Svizzera, dal Trias all'Eocene. Essi si estendevano completamente sopra le montagne centrali. Se queste montagne allora fossero esistite e gli strati secondari si fossero depositati intorno ad esse, noi troveremmo la prova di depositi litoranei con avanzi di animali e di piante marine simili a quelli che vivono in acque poco profonde e presso la terra. Però, non è questo il caso; noi non troviamo letti di ciottoli, come dovrebbe essere presso una spiaggia, nè ghiaie con ciottoli di granito, di gneiss o schisti cristallini, ma depositi di mare profondo, di un minuto sedimento formatosi evidentemente a qualche distanza dalla terra. Pare che nel periodo Triasico ci sia stata una barriera fra le Alpi Orientali e le Occidentali, ma in seguito le condizioni devono essere state molto simili e le spiagge del Mare Giurese furono forse assai più lontane, nell'Africa ([1]).

Anche i depositi dell'Eocene non forniscono la prova di una spiaggia, dove ora le Alpi sorgono sopra di essi.

Si hanno altre prove che le catene centrali erano

([1]) HEIM, *Mech. d. Gebirgsb*, vol. ii; Baltzer, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXIV.

una volta coperte da altri strati. Per esempio, la Puddinga di Vallorsina, al principio della valle di Chamounix, appartenente al periodo Carbonifero, non contiene ciottoli di granito o di porfido. Perciò gli strati di granito e di porfido del distretto devono, in quel tempo, essere stati protetti da una copertura di altre rocce, delle quali in seguito sono stati spogliati. È pure significante che i ciottoli del Nagelflue Miocenico, che vengono dalle vicinanze, sono principalmente di epoca Eocenica. Pare quindi, che nè le rocce cristalline, nè gli strati Secondari più antichi sieno stati fino ad ora scoperti ([1]). Ci sono invero ciottoli cristallini e triasici nel Nageflue, per esempio, del Rigi, ma essi non appartengono alle rocce trovate nella valle della Reuss o sul S. Gottardo. Essi rassomigliano a quelli di Lugano, di Bormio, del Julier e di altri distretti più lontani, a sud-est.

Nondimeno, noi non ci fidiamo soltanto di questi argomenti, decisivi come sono. Avanzi di strati secondari si trovano qua e là nel distretto Centrale, e questi non sono frammenti staccati l'uno dall'altro, ma parti di un foglio una volta continuo, le quali si sono conservate per essere rimaste protette nelle cavità di pieghe profonde. Che gli strati secondari fossero una volta continui sopra la Catena Centrale è ben mostrato dalla seguente sezione (fig. 23) tracciata dal Rodano alla Valle di Avers per la Valle di Binnen, Val Antigorio, Val Bavona, Val Maggia, Val Ticino, Val Blegno, Val Mesocco e Valle S. Giacomo.

In essa si vedrà che tutte queste valli sono primieramente dovute a grandi pieghe e che, in ogni caso, al fondo delle valli si trovano avanzi di strati secondari *pizzicati* fra le rocce cristalline.

([1]) Heim, *Mech. d. Gebirgsb*, vol. ii.

La figura 24 mostra una sezione dallo Spitzen, attraverso il Ruchen, a Val Maderan (v. pure fig. 134). È manifesto che le valli sono dovute principalmente all'erosione, che la Val Maderan è stata spogliata dalle rocce cristalline *c*, e fu una volta coperta dagli strati Giuresi *j*, che devono, in un tempo, essere passati a guisa di un grande arco sopra la valle attuale.

Fig. 23. — Profilo attraverso le masse di gneiss fra il Rodano a Viesch e la valle di Avers.

I. Massiccio dell'Aar; II. Massiccio del Gottardo; III. Masso di Monté Leone; IV. Masso Lebedun; V. Masso Antigorio; VI. Masso del Ticino; VII. Masso di Monte di Sobrio; VIII. Masso Adula; IX. Masso Liro; X. Masso Suretta.

1. Valle del Rodano; 2. Valle di Binnen; 3. Valle Antigorio; 4. Val Bavona; 5. Val Maggia; 6. Val Ticino; 7. Val Blegno; 8. Val Mesocco; 9. Valle S. Giacomo; 10. Valle di Avers.

Di più, è chiaro (fig. 25) che un grande spessore di rocce cristalline è stato rimosso dalla sommità del monte Bianco. Senza dubbio ne sono state rimosse molte migliaia di piedi prima che si depositassero gli strati secondari, ma, anche dopo la sua elevazione, il valore dell'erosione del granito stesso è stato considerevole. Non sappiamo quanto esso sia stato, ma 500 metri di roccia erosa rappresenterebbero probabilmente un calcolo moderato. A questo bisogna aggiungere gli Schisti cristallini, cioè 1000 metri, e le rocce sedimentarie, le quali, per ciò che sappiamo del loro spessore altrove, non possono essere valutate a meno di 3000 metri. Si hanno quindi 4500 metri ovvero 14000 piedi di

Fig. 24. — Sezione dal Veisstock, attraverso il Gran Ruchen, a Val Maderan.

e, Eocene; *j*, Giura; *h*, Bündnerschiefer; *c*, Schisti cristallini.

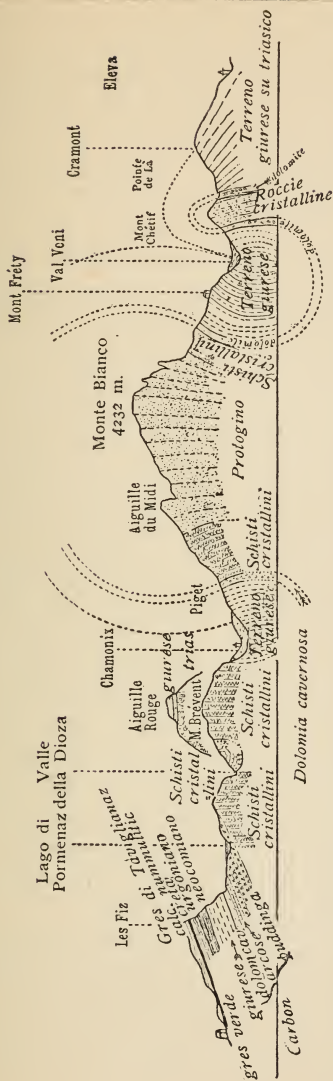



Fig. 25. — Sezione attraverso la catena del Monte Bianco.

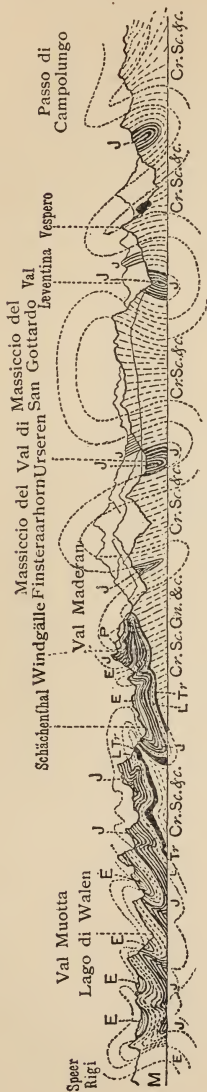



Fig. 26. — Sezione attraverso le Alpi.

M, Miocene; *E*, Eocene; *J*, Giura; *L*, Lias; *T*, Trias; *Cr*, *Sc*, *Gn*, ecc., Schisti cristallini e Gneiss.

roccia che l'erosione e la denudazione hanno asportato dalle sommità delle montagne!

La figura 26 dà una sezione attraverso le Alpi, e vi si scorgerà che la sezione attraverso il San Gottardo rassomiglia sostanzialmente a quella del Monte Bianco.

Per quanto ciò possa, a prima vista, apparire sorprendente ed anche quasi incredibile, diventa meno difficile a credersi quando si ricordi che non solo i grandi letti di ghiaia del Miocene che formano il piano centrale della Svizzera, ma molti dei depositi che occupano le valli del Reno, del Rodano, della Reuss, dell'Inn, del Danubio e del Po, — l'alluvione che forma le pianure della Lombardia, della Germania, del Belgio, dell'Olanda e del sud-est della Francia, risultano di materiali trasportati giù dalle montagne svizzere.

Si è calcolato che, secondo il valore attuale dell'erosione, il Mississipì rimuove dalla sua area di scolo un piede di materiali in 6000 anni, il Gange

sopra Ghazipur impiega 800 anni, l'Hoangho 1460, il Rodano 1500, il Danubio 6800 ed il Po 750 anni per un identico lavorìo. Perciò si può considerare con probabilità il caso del Rodano come una media approssimativa, e questo, se non una misura, dà ad ogni modo una vera idea dell'immenso lasso di tempo che deve esser trascorso.

Il gran Piano Centrale mostra elevazioni relativamente leggiere, le quali diventano più sensibili nelle « Prealpi », mentre le catene interne sono contorte nelle guise più estreme. In molti casi il risultato della compressione è stato quello di spingere a dirittura alcuni strati sopra altri. Tali accavallamenti tendono pure in sommo grado a rendere il rilievo della superficie indipendente dalla struttura tettonica. Se non ci fossero rovesciamenti, se gli archi fossero stati più piatti e le concavità più larghe, le cause che hanno condotto alla presente configurazione della superficie sarebbero state molto più evidenti. Le principali catene montuose sono quindi dovute alla compressione e al piegamento, i picchi alla erosione, ed i tre principali fattori, che hanno determinato la geografia fisica della Svizzera, sono stati la compressione; il piegamento e la denudazione.

Invero, l'attuale configurazione della superficie è principalmente il risultato della denudazione, che ha prodotto gli effetti maggiori nelle porzioni centrali della catena. È probabile che il valore di ciò che è stato rimosso sia pressochè uguale al valore di ciò che ancora rimane [1], ed è certo che non un frammento della superficie primitiva esiste tuttora, quantunque non possa dedursene che le montagne fossero in un tempo tanto

---

[1] Heim. *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.*, L, XXV.

più alte, poichè l'elevazione e la denudazione progredirono insieme. Ciò ne induce a considerare se ancora possano aver luogo cangiamenti di livello. Vi sono alcune ragioni per dubitare che essi sieno affatto cessati, ma fino ad ora mancano prove assolute. Nondimeno il paese è ora così ben delineato che se continuassero tuttora dei cangiamenti, essi dovrebbero quanto prima manifestarsi. È probabile, secondo dati meccanici e geologici, che prima si formarono le catene meridionali e più tardi le settentrionali, in ordine di successione. È stato provato che gli strati secondari coprivano una volta l'intera area, e la loro rimozione dai Massicci Centrali, eccetto che nelle pieghe più profonde, è una valida testimonianza della loro grande età.

Inoltre, sono comuni nella Svizzera deboli terremoti. L'anno scorso (1894) ne furono registrati sedici; se ne ricordano più di mille negli ultimi 150 anni, e senza dubbio un numero maggiore è passato inavvertito. Un tal fatto sembra indicare che le forze, le quali hanno sollevato le Alpi, non sieno forse del tutto consumate e che possano tuttora continuare lenti movimenti lungo i fianchi delle montagne [1]. (Vedi pure Cap. XV).

Questi terremoti nella maggior parte sono molto locali e ordinariamente d'origine non profonda; ad una profondità che non supera i 15.000 o i 20.000 metri.

Tuttavia, anche nelle Alpi Centrali si ha qualche prova di uno sforzo attuale. Quando si foravano le gallerie per la linea del San Gottardo e specialmente il traforo di Wattingen presso Wasen, si udivano spesso delle deboli esplosioni e massi di roccia si rovesciavano sugli operai. Tali massi vennero generalmente dalla

(1) Heim, *Mech. d. Gebirgsb.*, vol. ii.

volta, ma talora dai lati, e per ogni evenienza si trovò necessario di incassare l'interno della galleria [1].

Questi fenomeni, per altro, possono essere stati prodotti soltanto dalla grande pressione. I geologi americani, e specialmente Dana, hanno additato che le montagne piegate non sono, di regola, simmetriche, ma unilaterali. Suess [2] ha esteso ciò alla Svizzera, ed, invero, alle montagne piegate in generale. È degno di nota che in tutti i sistemi montuosi d'Europa — le Alpi, gli Apennini, il Giura, i Carpazi, le Montagne Ungheresi, ecc., il lato esterno della curva presenta una successione di pieghe che a poco a poco diminuiscono d'intensità, mentre il lato interno termina in una piega immensa, la cui anticlinale o arco, nel caso della Svizzera, costituisce la cresta esteriore delle Alpi, mentre la sinclinale o area di depressione ha dato origine alla gran valle del Po, che sembra essere un'area di abbassamento.

Il Giura si eleva dolcemente dal nord-ovest e culmina nella muraglia scoscesa che limita il Piano Centrale della Svizzera.

I Monti Urali e la loro continuazione, le Isole della Nuova Zembla sono scoscese dal lato orientale. Infatti, gli Urali sono non tanto una catena di monti, quanto una superficie inclinata con una frattura improvvisa ed un'area abbassata all'est [3]. Anche i Ghats Indiani presentano al mare un lato molto scosceso. Gli Himalaya (che per tanti rispetti rassomigliano alle Alpi), le Montagne Rocciose, le Montagne Verdi, gli Allegani, ecc. sono pure unilaterali; e l'America del Sud inclina dal-

---

(1) Baltzer, *Beitr. z. Geol. K. d. Schvv.*, L. XXIV.

(2) *Das Antlitz der Erde.*

(3) Suess, *Die Entstehung der Alpen.*

l'est alla gran muraglia delle Ande, che torreggiano sull'Oceano Pacifico.

Lo studio delle Alpi è molto dilettevole ma molto difficile, e quantunque per mezzo di esse noi acquistiamo un filo per comprendere la struttura generale della Svizzera, tutta la questione è estremamente complessa, poichè gli strati furono arricciati e piegati nella maniera più complicata; talvolta furono completamente rovesciati in guisa che le rocce più antiche si sono ripiegate sopra gli strati più recenti, ed in alcuni casi queste pieghe si sono ancora nuovamente piegate.

CAPITOLO IV.

NEVE E GHIACCIO — CAMPI DI NEVE E GHIACCIAI.

> « Chaque année je me livre à de nouvelles recherches, et en me procurant un genre de jouissance peu connu du reste des hommes, celui de visiter la nature dans quelques-uns de ses plus hauts sanctuaires, je vais lui demander l'initiation dans quelques-uns de ses mystères, croyant qu'elle n'y admet que ceux qui sacrifient tout pour elle et qui rendent des hommages continuels ».
>
> Dolomieu, *Journal des Mines*, 1878

L'altezza della linea delle nevi differisce nelle Alpi secondo le località e le circostanze, ma può essere posta fra i 2500 e i 2800 metri sopra il livello del mare.

I campi di neve sono molto estesi, poichè l'estensione del nevischio è necessariamente maggiore di quella del ghiacciaio che ne deriva.

La caduta annuale dèlla neve dà origine ad una specie di stratificazione che, però, sparisce a poco a poco. Al postutto, l'azione del vento tende a livellare la superficie, lasciando tuttavia molte dolci ondulazioni ed ammucchiando la neve in creste e rilievi. Sulle cime delle montagne essa forma spesso delle cornici che talvolta sporgono parecchi piedi.

Io non dimenticherò mai le sensazioni che provai quando con Tyndall credendo di essere sulla sommità solida del Galenstock, egli, percuotendo col bastone ferrato nella neve, mi fece accorto che noi eravamo sostenuti soltanto da una di tali cornici che sporgeva sopra un profondo abisso.

Quando la neve cade ad una temperatura di 0^{0} - 12^{0}, assume spesso la forma di stelle o di cristalli a sei lati.

La regione che subisce l'influenza dell'azione glaciale può esser divisa in tre parti:

a) Nevischio (*firn,* dei tedeschi) o Névé.

b) Ghiacciaio.

c) Regione di deposito.

IL NEVISCHIO.

La neve che cade nelle più alte regioni alpine, perde a poco a poco la sua forma cristallina, diventa granulosa ed è conosciuta sotto il nome di Nevischio, Firn o Névé. Il Nevischio si può distinguere, con una semplice occhiata, dalla neve più recente, poichè è d'una bianchezza meno brillante, e perchè contiene minor quantità d'aria e perchè le particelle delle polveri meteoriche od altro gli conferiscono una tinta debolmente giallognola, grigia od anche brunastra.

Qua e là talvolta è affatto rosso, ma questo colore è dovuto generalmente alla presenza di un'alga piccolissima — la *Sphaerella nivalis* — o di parecchi altri piccoli organismi — piante, Infusori, Rotiferi (*Philodina roseola*) di colore rosso o bruniccio.

In generale il nevischio è saldo. Quando la temperatura è bassa, diventa affatto duro, e ad eccezione dei giorni caldi in cui il piede vi sprofonda alquanto, è abi-

tualmente secco. L'acqua che risulta dalla fusione vi penetra e congela la neve sottostante in una massa solida dall'apparenza più o meno stratificata, giacchè ogni deposito annuale forma uno strato alto da 30 a 90 centimetri, che può talvolta scoprirsi anche all'estremo più basso del ghiacciaio.

Il nevischio raggiunge in molti luoghi una grande profondità; quella del ghiacciaio dell'Aar fu stimata da Agassiz di 460 metri [1]. Esso si muove lentamente verso il basso e quando finisce contro una parete rocciosa, si forma in primavera un profondo crepaccio, conosciuto sotto il nome di *Bergschrund*, che si ingrandisce nell'estate e nell'autunno, si colma durante l'inverno e riappare nell'anno seguente.

È impossibile dare con parole un'idea della bellezza di questi alti campi di neve. Le dolci curve delle superficie, che, o con orli scoscesi precipitano in oscuri abissi, o mollemente s'affondano in leggiere depressioni, o fra loro s'incontrano a formar de' rialzi: la facile illusione di movimento nelle forme, con la sensazione di assoluta quiete negli occhi; il bianco candido con una tinta accidentale di roseo delicatissimo, le tenui ombre delle cavità, i contorni luminosi delle creste compongono una scena che nessun quadro e nessuna fotografia potrebbe efficacemente riprodurre, e che affascina irresistibilmente un vero amante della Natura.

La neve si accumulerebbe ed accrescerebbe indefinitamente il suo spessore se non fosse rimossa dalla fusione e dalla evaporazione, dalle valanghe e dalla lenta discesa nella valle.

---

(1) *Système Glaciaire.*

VALANGHE.

Le valanghe si possono dividere in due classi principali: valanghe di neve polverulenta e valanghe di neve compatta. Le prime avvengono generalmente dopo gravi nevicate e quando l'atmosfera è calma. La neve si accumula sempre più nei ripidi pendii fino a tanto che, dapprima in un luogo, poscia in un altro, dapprima con lentezza, poscia più rapidamente, incomincia a cedere e, da ultimo, precipita con un fragore simile a quello del tuono. Questa massa cadente comprime l'aria e produce un vento impetuoso che sovente arreca più danno della valanga stessa. Una gran parte della neve rimane al piede del declivio donde essa cadde, ma una parte, ripresa dal vento, è trascinata a considerevole distanza.

La caduta di tali valanghe è irregolare, poichè dipende da una varietà di circostanze; non possono perciò prevedersi e producono danni immensi, cagionando anche la morte di animali selvatici.

Le valanghe di neve compatta hanno luogo generalmente in primavera, allorchè comincia la fusione della neve.

L'acqua proveniente dalla fusione scorre sotto la neve e la scava in guisa che, rimanendo essa a contatto del suolo soltanto in alcuni punti, l'urto più debole è sufficiente a metterla in moto, e a distaccarla dal terreno che resta allo scoperto. Perciò tali valanghe dipendono dalla configurazione della superficie e sono relativamente regolari, poichè in molti casi seguono lo stesso corso anno per anno. Per queste vie seguite dalle valanghe non possono crescere degli alberi, ma solo delle erbe o de' bassi cespugli. La fronte della valanga è, natu-

ralmente, la prima a rallentare di velocità, e la parte posteriore, premendole contro, talvolta le precipita sopra. Tutti quelli che sono stati travolti da qualche valanga convengono nel riferire che, durante la sua corsa, poterono muoversi con una relativa facilità, ma, al momento dell'arresto, in causa dell'estrema pressione, si trovarono repentinamente incassati in un solido ghiaccio, poichè è la pressione che dà luogo al subitaneo congelamento.

Le valanghe sono spesso considerate come fenomeni isolati ed eccezionali, ma ciò è un errore, giacchè esse rappresentano un fattore importante nella vita alpina.

La quantità di neve che esse trascinano in basso è enorme, e Coaz ([1]) calcola che in certi distretti, qualora fosse sparsa, avrebbe l'altezza di un metro sull'intero distretto.

Senza valanghe le Alpi più alte sarebbero più fredde e le regioni inferiori più calde e più asciutte; la linea delle nevi abbassandosi maggiormente, molte belle Alpi rimarrebbero coperte di neve perpetua, mentre l'accrescersi dei ghiacciai renderebbe il clima più rigido e i monti meno abitabili.

Bisogna ascendere le montagne in una calda giornata di primavera per apprezzare l'importanza delle valanghe. Da ogni rupe, in ogni gola, le udiamo tuonare a noi dintorno, precipitandosi da ogni parte come centinaia di cascate, talvolta simili a fili d'argento e talvolta grandi come una cateratta. Sembra che la montagna scuota lontano il suo mantello di neve.

Al postutto, per quanta azione devastatrice possano avere in alcuni punti, le valanghe sono un benefizio ([2]).

([1]) *Die Lawinen in den Schweizeralpen*, Bern. 1881.
([2]) HEIM, *Gletscherkunde*.

GHIACCIAI.

Per la lenta azione della pressione e per lo scolo dell'acqua che discendendo si congela, il nevischio a poco a poco si converte in ghiaccio. Lo spessore del nevischio nelle estati fresche e nevose si accresce, facendosi più considerevole nelle regioni superiori e poscia gradatamente più sottile, fino a che appare il ghiaccio sulla superficie ed il nevischio dà luogo al ghiacciaio.

Infatti i ghiacciai sono fiumi di ghiaccio che talvolta, invero, si allargano in laghi. Il ghiaccio del ghiacciaio differisce notevolmente da quello del nevischio, e non è ancora perfettamente inteso il processo molecolare pel quale l'uno passa nell'altro.

Se si toglie un pezzo di ghiaccio da un lago e lo si lascia fondere all'aria calda, esso a poco a poco si liquefà alla superficie, conservando la sua limpidezza; mentre se si tratta nel medesimo modo un pezzo di ghiaccio compatto tolto dalla parte più profonda d'un ghiacciaio, esso si comporta molto diversamente, poichè si formano parecchie fenditure capillari che diventano sempre più evidenti ed il ghiaccio finisce col ridursi in frammenti irregolari, angolosi, cristallini, conosciuti col nome di « grani del ghiacciaio » o « Gletscherkorn » che furono descritti la prima volta da Hugi (¹),

Essi si accrescono gradatamente, ma è ancora dubbioso in qual modo abbia luogo tale accrescimento e se essi derivino dai grani del nevischio. Nel limite fra il nevischio ed il ghiacciaio possono avere un dia-

(¹) *Das Wesen der Gletscher*, 1842.

metro di circa $^1/_4$ di pollice; nella parte centrale d'un gran ghiacciaio la loro grossezza è pressochè quella di una noce ed all'estremo il loro diametro raggiunge la lunghezza di 4 o 6 pollici. Quelli che si trovano all'estremo del ghiacciaio del Rodano variano molto nelle dimensioni, ma nella maggior parte il loro diametro è al disotto di un pollice. In alcuni casi sono mediocremente uniformi; ma talvolta se ne incontrano insieme grandi e piccoli e si possono facilmente discernere sopra qualunque superficie tersa di ghiaccio del ghiacciaio, come ad esempio nella galleria o porta di ghiaccio che così sovente è tagliata al termine dei ghiacciai.

Le loro superficie presentano una serie di belle strie parallele che furono osservate la prima volta da Forel.

Quindi il ghiaccio del ghiacciaio può essere riguardato come un'aggregazione granulare di cristalli di ghiaccio. Forel, riscaldando e raffreddando alternativamente la neve e saturandola ripetutamente con acqua, produsse un ghiaccio molto simile nella struttura a quello di un ghiacciaio, e senza dubbio pare che tale struttura ne faciliti considerevolmente il movimento (1).

In generale i ghiacciai sono più alti nella parte di mezzo e sono inclinati sui due fianchi in causa del calore riflesso dalle rocce. Quando la valle è diretta da nord a sud anche i fianchi subiscono eguale azione in questo senso; ma se la direzione è dall'est all'ovest o dall'ovest all'est, allora il fianco settentrionale è più inclinato perchè le rocce sono maggiormente esposte al sole, mentre quelle rivolte a sud rimangono più nell'ombra.

---

(1) Heim, *Gletscherkunde*.

MOVIMENTO DEI GHIACCIAI.

Rendu, che poscia fu vescovo di Annecy, mise pel primo in evidenza, nel 1841, la somiglianza fra i movimenti di un fiume con quelli di un ghiacciaio, ed osservazioni posteriori hanno confermato il suo modo di vedere.

Infatti, si può ben dire che in realtà un ghiacciaio scorra, ma, naturalmente, con molta lentezza. Il suo movimento rassomiglia a quello di un vero fiume non solo in complesso ma anche in molte particolarità; la parte media avanza con più rapidità delle laterali; se la via s'incurva, la metà convessa si muove più rapidamente della concava e la superficie ha una velocità maggiore di quella delle porzioni più profonde. Durante l'estate il movimento è quasi tre volte più rapido che d'inverno.

Le prime particolareggiate osservazioni sul moto dei ghiacciai furono fatte indipendentemente e quasi nel medesimo tempo da Agassiz sul Ghiacciaio dell'Unter-Aar, e da Forbes sulla « Mer de Glace ».

Si è calcolato che il cammino annuale dei ghiacciai svizzeri sia rappresentato dai 50 ai 130 metri, o, in qualche caso eccezionale, anche da 300 metri. Nondimeno la rapidità varia considerevolmente non solo in ghiacciai differenti, ma nelle diverse parti di uno stesso ghiacciaio, ed è pur varia secondo gli anni e secondo i diversi tempi dell'anno. Gli avanzi delle guide del D.r Hamel che perirono il 20 agosto 1820 sul Grand Plateau (Monte Bianco), furono ritrovati nel 1861 presso l'estremo più basso del Ghiacciaio « des Boissons », dopo aver proceduto quasi quattro miglia in 41 anno,

cioè circa 150 metri all'anno. Si è pure calcolato che una particella di ghiaccio impiegherebbe almeno 250 anni per discendere dallo Strahleck fino al limite inferiore del Ghiacciaio dell'Unter-Aar, e circa 500 anni per venire dalla sommità della Jungfrau all'estremo del Ghiacciaio dell'Aletsch. Sembra, in complesso, che durante il Medio Evo i ghiacciai svizzeri abbiano aumentato nelle dimensioni e raggiunto un *maximum* verso il 1820. Da questo anno si ritirarono fin circa il 1840 per avanzare di nuovo fin verso il 1860. In seguito hanno retroceduto sensibilmente, sebbene alcuni abbiano ora ripreso a progredire.

Pare che quelli del Nord d'Europa vadano pure accrescendosi, (1) ma naturalmente non si può prevedere nulla di certo per l'avvenire.

CAUSA DEL MOVIMENTO.

Ma perchè i ghiacciai discendono?

Scheuchzer, nel 1705, suggerì che l'acqua, congelandosi nelle fessure dei ghiacciai e dilatandosi nel congelarsi, costituiva la forza che faceva avanzare i ghiacciai, (Teorica della dilatazione, *Tr.*).

Altmann e Grüner, nel 1760, tentarono di spiegarne il movimento, supponendo che essi sdrucciolassero sul loro letto; senza dubbio avviene così per qualche tratto, ma ciò non è che una forma subordinata di movimento (Teor. dello sdrucciolamento, *Tr.*).

Bordier riguardò il ghiaccio dei ghiacciai « non come una massa interamente rigida ed immobile, ma

---

(1) Heim, *Gletscherkunde*.

come un cumulo di materia coagulata o come di molle cera, flessibile e duttile fino ad un certo punto ». In seguito, questa teoria, che fu detta « teoria viscosa », fu molto abilmente patrocinata da Forbes. Senza dubbio, il ghiacciaio si muove come farebbe un corpo viscoso, ma il ghiaccio, lungi dall'essere viscoso, è estremamente fragile, e ne forniscono la prova i crepacci, che cominciano come strette fessure e possono seguirsi per centinaia di metri, e le spaccature che una leggiera differenza d'inclinazione del letto produce nel ghiaccio, poichè esso manca, infatti, di quel potere di estensione che è proprio di una sostanza viscosa.

La spiegazione, che ora generalmente è adottata, è quella della quale siamo debitori sopra tutto a Tyndall [1]. Nel 1850 Faraday osservò che avvicinando due pezzi di ghiaccio fondente, essi si congelano nei loro punti di contatto. Molti uomini sarebbero passati sopra questa piccola osservazione senza quasi un pensiero o con un semplice sentimento di temporanea sorpresa. Tal fatto fu spiegato in modo diverso da eminenti autorità, ma ora non fa bisogno di entrare in questa parte della quistione. Giuseppe Hooker propose il nome di « Rigelo », col quale è ora conosciuto il fenomeno che a Tyndall è servito per spiegare il movimento dei ghiacciai.

Si mettano dei frammenti di ghiaccio in un catino d'acqua e si vedrà che essi si saldano ovunque si tocchino. Inoltre, un masso di ghiaccio posto in una forma e assoggettato alla pressione si rompe in pezzi, ma i pezzi, riuniti dal rigelo, assumono la forma del modello, in guisa che con uno stampo convenevole si può dare al ghiaccio qualunque forma si voglia.

---

[1] Teoria della plasticità (*n. d. tr.*).

Le valli alpine rappresentano tali stampi. Il ghiaccio, assoggettato alla tensione, si rompe, dando origine ai crepacci; ma sotto la pressione ha luogo nuovamente il rigelo e per tal modo esso conserva la sua continuità. Il Prof. Helmholtz nelle sue letture scientifiche riassume la questione con le seguenti parole: « Io non dubito che Tyndall abbia assegnato la causa principale ed essenziale del movimento dei ghiacciai, riferendola alla frattura e al rigelo. » Nondimeno altre autorità non riguardano il problema come tuttora affatto risoluto [1].

Heim addita che, come nel caso dell'acqua, sotto identiche condizioni, un ghiacciaio grande si muove più rapidamente di uno piccolo. Molti corpi in piccole dimensioni mantengono la loro forma che in masse più grandi sarebbero incapaci a conservare per il loro proprio peso. Una piccola figura d'argilla starà diritta, dove un modello in grandezza naturale richiederà un sostegno. Sotto la tensione la ceralacca si rompe come il ghiaccio, ma sotto una pressione, anche debole, a poco a poco modifica la sua forma.

Il prof. Heim è convinto che se si potesse porre in una valle svizzera una massa di piombo corrispondente ad un ghiacciaio, essa si muoverebbe in gran parte come un ghiacciaio. Perciò la grandezza di un ghiacciaio è un fattore importante nella questione e spande luce sul movimento più rapido dei ghiacciai maggiori, anche quando l'inclinazione del letto sia soltanto leggiera. Quindi, secondo l'opinione di Heim, il peso del ghiaccio è sufficiente a spiegare il movimento, quantunque il carattere di questo e la condizione del ghiacciaio sieno dovuti alla frattura e al rigelo. Egli riassume tutto ciò

---

[1] Heim, *Gletscherkunde*.

con lo stabilire che la gravità è la forza movente e i grani del ghiacciaio sono le unità meccaniche prevalenti del moto.

CREPACCI.

La rigidità del ghiaccio è chiaramente manifestata dall'esistenza dei crepacci, i quali possono distinguersi in marginali, trasversali e longitudinali.

I fianchi della maggior parte dei ghiacciai sono fessi anche quando il centro è compatto. I crepacci non corrono nella direzione del ghiacciaio, ma obbliquamente ad esso, formando un angolo di circa 45° (fig. 29 *m m*) con la punta in alto, facendo supporre che il centro del ghiacciaio rimanga indietro, mentre i lati avanzano più rapidamente. Ed invero fu supposto che questa ne fosse la causa finchè Agassiz e Forbes provarono, al contrario, che il centro si muove con maggiore rapidità.

Hopkins fu il primo a dimostrare, che l'obbliquità dei crepacci laterali era conseguenza necessaria del movimento più rapido del centro.

Tyndall dà la seguente illustrazione:

« Sieno *A C* e *B D* (fig. 27) i lati di un ghiacciaio, e la freccia indichi la direzione del movimento. Sia *S T* una porzione trasversale del ghiacciaio, supposta perpendicolare ad esso. Pochi giorni o settimane dopo, questa porzione si troverà curvata secondo la forma *S' T'*. Suppongasi che *T i* sia un piccolo quadrato della prima porzione; nella sua nuova posizione sarà modificato nella figura romboidale *T' i'*.

Fissate la vostra attenzione sulla diagonale *T i* del quadrato; nella posizione più bassa, se il ghiaccio potesse estendersi, questa diagonale sarebbe più lunga in

T' i'; ma il ghiaccio non si estende, esso si rompe, ed un crepaccio ad angoli retti si forma in *T' i'*.

La semplice ispezione del diagramma ne assicurerà che il crepaccio avrà la punta obliquamente in alto. »

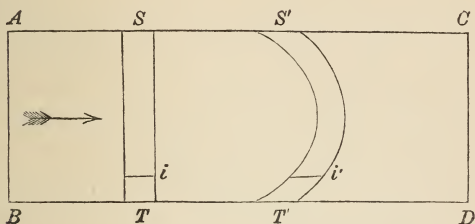



Fig. 27.

Quindi i crepacci marginali hanno origine dal movimento del ghiacciaio, mentre quelli trasversali e longitudinali sono causati dalla forma della valle. Se l'inclinazione del letto di un ghiacciaio aumenta, anche quando la differenza sia soltanto tenue, il ghiaccio viene stirato, e poichè è incapace di estensione, si rompe di traverso [1].

Ogni nuova porzione di ghiaccio non appena oltrepassa la linea di diversa inclinazione del letto scoppia

---

[1] È nota la legge di meccanica che la rottura d'un corpo avviene nel senso normale alla direzione della forza di trazione. La porzione del ghiacciaio, che scorre con maggiore velocità sopra un pendio più ripido, esercita naturalmente una forza di trazione in direzione longitudinale sulla parte che con velocità minore, a monte, scorre sopra un pendio meno ripido. In conseguenza il ghiacciaio si spezzerà e la spezzatura sarà un crepaccio trasversale, per la legge mentovata (Stoppani). *(n. d. tr.)*.

a sua volta e così ha luogo una successione di crepacci trasversali. In alcuni casi essi si uniscono con le fessure trasversali, formando, in tal modo, grandi crepacci ricurvi che si estendono attraverso il ghiacciaio e, naturalmente, con la convessità in alto.

I crepacci longitudinali s' incontrano dovunque un ghiacciaio sbocchi da una gola relativamente stretta in una pianura più ampia. La differenza d'inclinazione frena la sua discesa, ma, sospinto dalla parte posteriore e, non mancando spazio per estendersi, si allarga; e, così facendo, hanno luogo crepacci longitudinali.

Le pareti dei crepacci sono d'un brillante color turchino e talvolta sembrano come tagliate in una massa di berillo. I montanari hanno una tradizione che i ghiacciai non soffrono impurità, e quantunque questo non sia naturalmente un modo corretto per definire la questione, è un fatto certo che il ghiaccio si presenta di un'estrema purezza.

STRUTTURA VENATA.

Molto spesso il ghiaccio del ghiacciaio si mostra come se fosse stato rastrellato con somma cura e regolarità. Esso presenta innumerevoli vene o fasce di ghiaccio, d'un bel colore turchino chiaro, che attraversano la massa generale, resa biancastra dalla presenza di infinite e piccolissime bolle d'aria. Le piastre turchine hanno una struttura più o meno lenticolare ed una lunghezza talora di pochi pollici e tal'altra di molti metri, ma a poco a poco vanno facendosi sempre meno sensibili.

In questi punti l'intera superficie del ghiacciaio è segnata da piccoli solchi e rialzi, poichè le vene tur-

chine, più solide, sporgono alquanto al di sopra del ghiaccio più bianco. Tale struttura è molto comune,

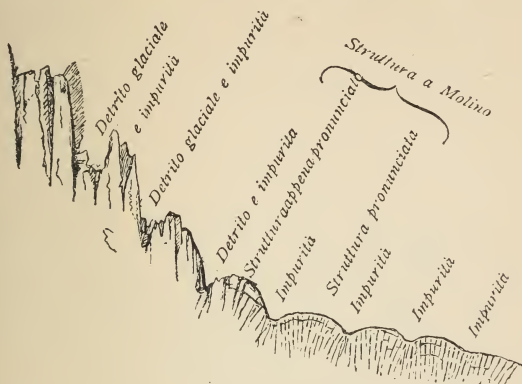



Fig. 28. — Sezione d'una cascata di ghiaccio e Ghiacciaio sottostante che mostra l'origine della struttura venata.

quantunque offra diversi gradi di perfezione non solo in ghiacciai differenti, ma anche nelle varie parti di uno stesso ghiacciaio. Spesso le vene sono oblique, in molti casi trasversali, talvolta longitudinali, e variano anche nelle diverse parti del ghiacciaio.

Fig. 29.

Pure di ciò, secondo me, noi dobbiamo la vera spiegazione a Tyndall. Cominciando dalle vene oblique, che sono più distinte ai lati e vanno mancando verso il centro del ghiacciaio, Tyndall addita che se una so-

stanza plastica, come il fango, si lascia scorrere entro un canale inclinato, le porzioni laterali, essendo trattenute dalle pareti del canale, verranno oltrepassate da quelle centrali. Ora se si imprimono tre circoli nella corrente di fango, quello di mezzo (fig. 29) riterrà la

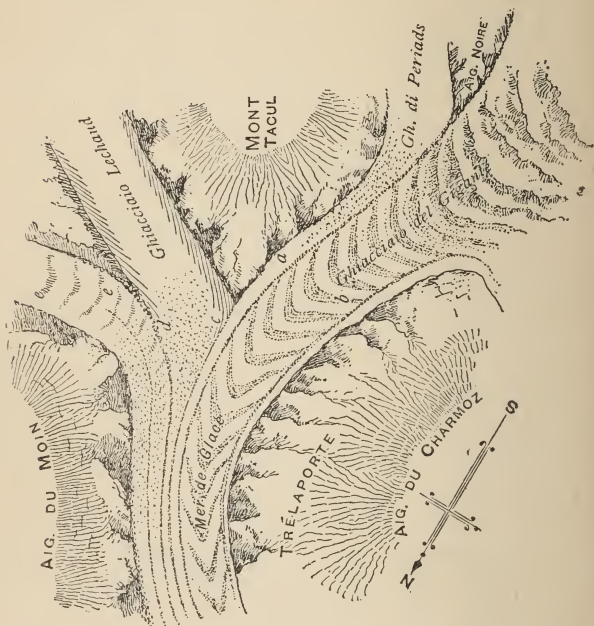



Fig. 30. — Schizzo della « Mer de glace. »

sua forma, ma i due laterali si allungheranno a poco a poco.

L'asse più corto in *m m* di ciascun ovale è una linea di tensione; per conseguenza, secondo la linea *m m*, ovvero obbliquamente alla linea di tensione si hanno, come, già spiegammo, i crepacci marginali; mentre, at-

traverso la linea perpendicolare alla pressione, si ha la struttura venata, che nel fatto è una forma di clivaggio. Invero, tensione e pressione procedono insieme, agendo fra loro ad angoli retti.

Nei casi di venatura trasversale, se noi camminiamo sopra un ghiacciaio che presenti tale struttura, eventualmente perveniamo ad una cascata di ghiaccio o ad una cascata. Al piede di essa il ghiaccio è compresso, e ciò dà origine alla venatura trasversa.

La venatura longitudinale si produce nello stesso modo quando s' incontrano due ghiacciai, come per esempio la Talèfre ed il Léchaud (fig. 30); nel qual caso è la pressione trasversale che le dà origine.

Si può calcolare difficilmente il valore della pressione in simili casi riflettendo che i ghiacciai, i quali si riuniscono a formare il grande Ghiacciaio Görner, hanno una larghezza di 5200 metri, che è ridotta dalla compressione a 1000 m., e più oltre a 500 metri.

La pressione agisce sul ghiaccio in due modi: nel modo stesso secondo cui essa produce la laminazione nelle rocce, e, secondariamente, con la parziale liquefazione del ghiaccio, facilitando così la fuga delle bolle d'aria, la quale è causa della sua apparenza biancastra.

DISCHI LIQUIDI.

I raggi solari formano pure innumerevoli dischi liquidi. Siccome l'acqua occupa uno spazio minore del ghiaccio, ogni disco è accompagnato da un piccolo spazio vuoto che splende come argento, ed è spesso confuso con una bollicina d'aria.

FASCE SPORCHE.

Se noi guardiamo sulla « Mer de Glace » vediamo (fig. 30) una serie di fasce grige, curve o piegate, che si seguono l'una all'altra, da Trélaporte in giù.

Queste « fasce sporche » hanno la loro origine alla cascata di ghiaccio, sopra il Ghiacciaio del Gigante. Il Ghiacciaio è rotto alla sommità della cascata (fig. 28) e discende pel declivio con una serie di rialzi trasversali. La polvere, ecc., si accumula gradatamente nelle cavità e quantunque a poco a poco i rialzi si fondano e finiscano con lo sparire, il sudiciume rimane e forma le fasce, che perciò sono affatto superficiali. Simili fasce s'incontrano sopra altri ghiacciai con cascate di ghiaccio e talvolta se ne possono scoprire in numero da trenta a quaranta.

MULINI.

Di notte e d'inverno, i ghiacciai sono solenni e silenziosi, ma nei giorni caldi essi sono animati da innumerevoli ruscelletti d'acqua. Tosto o tardi queste correnti raggiungono una spaccatura, per la quale si slanciano, e a poco a poco la trasformano in un profondo pozzo. Questi pozzi sono conosciuti col nome di « Mulini del Ghiacciaio ». Naturalmente la spaccatura si muove col ghiacciaio, ma la stessa causa producendo un nuovo crepaccio, il processo ha luogo ripetutamente e presso a poco nel medesimo luogo. In tal modo si forma una serie di mulini abbandonati.

I mulini sono spesso molto profondi. Désor ne scan-

dagliò uno sul Ghiacciaio del Finster-Aar e trovò una profondità di 322 metri.

Le così dette « Marmitte dei Giganti », che saranno descritte più innanzi, sono talvolta riguardate come indizi di antica azione glaciale. Senza dubbio è così nel « Giardino del Ghiacciaio » a Lucerna; ma, in generale, esse si formarono probabilmente per azione dei fiumi. Nei più grandi ghiacciai molti dei ruscelletti subglaciali si riuniscono sotto il ghiacciaio stesso e ne escono infine in una corrente unica, e, spesso, sotto un bell'arco turchino, alto generalmente da uno a tre metri, ma talora anche trenta metri. In molti casi si può entrare sotto l'arco per qualche tratto, e sovente vi si tagliano delle gallerie. Il ghiaccio è d'uno splendido color turchino, la superficie presenta infinite curve gentili che, quando riflettono la luce esterna, assumono per azioni complementari una tinta rosea delicatissima.

MORENE. [1]

Dai fianchi delle montagne, che circondano i ghiacciai, si riversano sopra di essi dei frammenti di roccia e talvolta dei massi immensi che, a poco a poco, si accumulano ai lati ed al loro estremo limite, costituendo le così dette « morene ». Quando due ghiacciai s'incontrano, dall' unione di due morene « laterali » si forma una morena « mediana » (fig. 30); mentre i materiali trasportati sotto il ghiacciaio danno origine alla « Morena di fondo ». Pertanto, se molti ghiacciai possono unirsi, le morene rimangono distinte, e spesso su ciascun lato

[1] La parola « Morena » fu adottata da Charpentier dal nome locale usato nel Vallese, ed ora è divenuta generale.

del ghiacciaio se ne osservano di quelle distese per parecchie miglia.

Anche a qualche distanza è possibile distinguere, sovente, dal colore, che le diverse morene e i due lati di una morena mediana sono composti di rocce differenti. Sul Ghiacciaio dell'Aar, la metà sinistra della morena mediana è composta di Gneiss Micaceo oscuro e di Micaschisto, mentre la metà destra è di Granito bianco. La morena laterale destra del Ghiacciaio di Puntaiglas, a sud del gruppo di Tödi, risulta di Sienite bruno-verdastra e di Granito; la prima morena mediana consta di Sienite titanifera ed una seconda è costituita di Röthidolomite rosso-giallastra, con alquanto Dogger; poscia parecchie morene sono formate di Hochgebirgskalk nero-bluastro, e finalmente la morena sinistra è composta di granito di Puntaiglas e di varie rocce sedimentarie, dal Verrucano all'Eocene [1].

Il Ghiacciaio di Baltora, nell'Hindu Kush, non ha meno di quindici morene di diverso colore. Le morene diverse non si mischiano ed i frammenti di un lato, anche della stessa morena, non passano mai nell'altro, ma seguono il movimento del ghiaccio, mantenendosi nelle medesime posizioni relative. Spesso il ghiacciaio riposa direttamente sopra una roccia solida, ma in molti punti si ha un letto d'argilla e di pietre, al quale Ch. Martins diede il nome di « morena di fondo » ed, esaminando la roccia sottostante, si troverà che essa è più o meno levigata e striata. L'importanza della morena di fondo fu additata la prima volta da Martins [2]. La pressione del ghiacciaio sul suo letto deve essere

---

[1] Heim, *Gletscherkunde*, p. 348.

[2] *Revue des Deux Mondes*, 1847.

enorme. Sul ghiacciaio dell'Aletsch è stata calcolata maggiore di quattro tonnellate per decimetro quadrato, e sotto i ghiacciai artici essa deve essere ancora più grande.

Nell'inverno del 1844 furono lasciati cadere, sotto l'orlo del Ghiacciaio dell'Aar, alcuni pali di legname da costruzione e nell'anno seguente si rinvennero schiacciati e ridotti in piccoli frammenti. I massi di pietra vengono a poco a poco stritolati e cangiati in fango glaciale. Questo fango, in causa della sua finezza, rimane lungo tempo sospeso nell'acqua e le conferisce un colore di latte, che è proprio delle correnti glaciali. Senza dubbio, la morena di fondo è formata in qualche modo da massi superficiali che, facendosi strada attraverso i crepacci, vengono in gran parte stritolati e ridotti in polvere; ma siccome le morene di fondo s'incontrano sotto strati di ghiaccio (ad esempio in Groenlandia), nel caso in cui siano scarsi i massi alla superficie, è manifesto che i materiali derivano in parte dal letto sottostante.

Al limite inferiore del ghiacciaio si accumula a poco una morena « terminale » che può raggiungere l'altezza di 50, 100 od anche 500 metri. Queste morene sono più o meno curve e cingono l'estremo più basso del ghiacciaio. La quantità dei detriti differisce grandemente nei diversi ghiacciai; alcuni, come quello del Rodano, il Turtmann, ecc., ne sono relativamente liberi, mentre altri, come il Zinal e lo Smutt ne sono, al basso, interamente coperti.

È difficile dare il numero attuale dei ghiacciai della Svizzera, poichè alcuni osservatori vorrebbero classificare come ghiacciai separati quelli che altri considererebbero come diramazioni; tuttavia si può mantenerlo fra i 1500 e i 2000, sopra un'area totale di circa 3500 chi-

lometri quadrati. La media inclinazione dei grandi ghiacciai è dai 5° agli 8°, scendendo per altro anche a meno di un grado. I ghiacciai sospesi sono molto più ripidi.

Si può apprezzare soltanto lo spessore massimo del ghiaccio. In un punto del Ghiacciaio dell'Aar, Agassiz trovò una profondità di 260 m. senza toccare il fondo; nondimeno dalla configurazione della superficie si può sicuramente supporre che il ghiaccio raggiunga uno spessore, in alcuni luoghi di 400 od anche di 500 metri. Fu fatto il calcolo che il ghiaccio del Görner sarebbe sufficiente per fabbricare tre città come Londra.

La distanza alla quale discende il ghiacciaio è soggetta, in parte, all'estensione del fondo che lo accoglie e, in parte, alla configurazione della superficie. Il Ghiacciaio del Görner si spinge tanto lontano in causa della vastità dei superiori campi di neve. Nel 1818 il ghiacciaio più basso del Grindelwald discese a 983 metri sul livello del mare, ritirandosi nel 1870 a 1080 metri. Il limite più basso della « Mer de Glace » è a 1120 metri Nelle Alpi Orientali, dove il clima è più continentale e più asciutto, il limite generale sta fra i 1800 e i 2300 metri.

TAVOLE DEL GHIACCIAIO

Piccoli corpi, come ciottoli, polvere, insetti, ecc. affondano nel ghiaccio e, d'altra parte, pietre più grandi intercettano il calore.

Sul maggior numero dei ghiacciai si possono vedere delle grandi pietre che poggiano su pilastri di ghiaccio; sone le così dette « tavole del ghiacciaio ». Il pilastro può raggiungere una considerevole altezza quando la pietra sia ampia o piatta, poichè il ghiaccio che le sta

immediatamente sotto, rimanendo protetto dai raggi solari, fonde con maggiore lentezza. Le tavole sono di rado orizzontali, ma inclinano verso sud, essendo questo il lato più esposto al sole. Al contrario, le piccole pietre e la sabbia assorbono il calore e fanno fondere la neve sottostante, a meno, invero, che ci sia un sufficiente strato di sabbia; poichè, in tal caso, il calore viene intercettato e si formano dei coni, che talvolta sono alti tre od anche sei metri circa. Le morene mediane tendono, nello stesso modo, ad arrestare la fusione. Quella che sta sul Ghiacciaio dell'Aar si eleva di 20, 40 ed anche di 60 metri sulla superficie generale, e dalla vetta del Sidelhorn fa l'impressione di una gran muraglia nera che separa due fiumi bianchi. In Groenlandia si è constatato che tali muraglie di ghiaccio giungono all'altezza di 125 metri.

Facendo una visita al Ghiacciaio del Rodano si potrebbe difficilmente desiderare una introduzione migliore per lo studio dei ghiacciai (V. *Frontespizio*). La parte superiore, che non è riportata dalla figura, è un magnifico campo di neve relativamente liscio. Quindi comincia un'aspra discesa (che, qualora si trattasse d'un fiume, darebbe luogo ad una cascata o ad una serie di cascate) dove il ghiaccio è rotto e presenta l'aspetto di onde solide che si succedono l'una all'altra. Le creste fondono gradatamente, e poichè le pietre e la polvere si adunano nelle cavità ed il centro del ghiacciaio si muove con rapidità maggiore di quella con cui avanzano i lati, una serie di fasce sporche lo attraversano, incurvandosi l'una dietro all'altra.

Al di sotto di questo tratto a forte pendio, il suo letto diventa di nuovo relativamente piano; il ghiaccio è tanto compresso a monte e a valle da rendersi considerevolmente più ampio; ma il ghiaccio, non potendo

espandersi, si spacca, ed hanno così origine infiniti crepacci divergenti. Tal fatto era molto più manifesto allor che io, pel primo, visitai il ghiacciaio nel 1861 e quando era molto più grande di adesso.

Partendo dall'albergo, dopo aver traversato il fiume, a brevissima distanza, si giunge ad un banco di sabbia sciolta e di pietre, alcune angolose, altre arrotondate, che s'incurva attraverso la valle, eccetto nei luoghi in cui è stato asportato dal fiume. Questo banco rappresenta la morena del 1820 ed indica il limite al quale il ghiaccio si arrestò per alcuni anni.

I ghiacciai svizzeri, in generale, si accrebbero fin verso il 1820, quindi diminuirono quasi fino al 1830, per crescere di nuovo circa fino il 1860, dopo il quale anno si sono ritirati considerevolmente. Nel caso del Ghiacciaio del Rodano, la morena del 1856 forma un rialzo, ben distinto a qualche distanza, entro quella del 1820. Da quel rialzo al piede del ghiacciaio, la valle è occupata da cumuli irregolari di sabbia e di pietre, alcune delle quali lisciate e stritolate da esso. Tale è specialmente il caso delle pietre più grandi, che mostrano una decisa differenza sui due lati, essendo levigato quello rivolto verso il ghiacciaio, mentre l'altro è ruvido e scabro. Molte delle pietre furono, evidentemente, spinte lungo la valle lasciando un solco dietro di loro, e il Rodano, più o meno serpeggiando sul fondo di questa, spande i materiali che sono stati trasportati in basso.

Qua e là, sui depositi glaciali, giacciono massi con angoli vivi, che differiscono in tutto dai massi arrotondati che porta il ghiacciaio; essi sono venuti con le valanghe.

Presso il ghiacciaio vi sono due altre piccole morene; l'esterna del 1885 e l'interna del 1893, le quali furono depositate da esso; e chiunque le abbia viste,

non può dubitare che quelle sempre più lontane, giù per la valle, non abbiano avuto una simile origine. Il Rodano esce dal piede del ghiacciaio in varie correnti, ma specialmente in un punto presso il centro della sua fronte, dove esiste un bell'arco turchino, alto circa 25 metri.

Nel 1874, per opera del Club Alpino Svizzero, furono incominciate accurate misurazioni. Si misero, dapprima, ogni anno delle linee di pietre al piede del ghiacciaio, ma il fiume le portava via, tanto che i limiti presenti sono deposti annnualmente sopra un piano. Si è trovato con esattezza che esso si avanza quando si succedono anni freddi e nevosi, e diminuisce durante periodi caldi ed asciutti; cosicchè, in ogni anno, anche quando si ritira, esso avanza per due o tre mesi dell'inverno.

Fra gli altri mezzi per studiarlo, la Commissione aveva posto delle linee di pietre attraverso di esso a diverse distanze, sopra il punto dove comincia il forte pendio. Una di queste linee fu preparata nel 1874 con le pietre dipinte in giallo e ne fu accuratamente segnata la posizione. Pervenute alla discesa, esse sparirono per quattro anni, dopo i quali alcune emersero di nuovo alla superficie, ed alcune di quelle centrali raggiunsero l'estremo più basso del ghiacciaio, che si era ritirato, di alcuni metri, dal sito dove esse furono collocate.

Come in molti dei ghiacciai più accessibili, nel ghiaccio è stata aperta una galleria, che è ben degna di essere visitata. Si resta ammirati delle curve squisite alle quali dà origine il ghiaccio, fuso dalle correnti vorticose dell'aria, e si possono ancora scoprire i grani del ghiacciaio, specialmente se si versa sul ghiaccio un po' d'inchiostro o altro liquido colorato, il quale, scorrendo

tra i grani, li contrassegna con linee oscure. Inoltre, ogni grano mostra bellissime linee di cristallizzazione, parallele in ciascuno di essi, ma differenti nei diversi grani. Nondimeno la principale attrattiva è, naturalmente, costituita dalla splendida colorazione turchina del ghiaccio e dalle squisite tinte rosee complementari che si riflettono sulla superficie.

CAPITOLO V

SULLA ESTENSIONE ANTICA DEI GHIACCIAI.

> ..... Sulla mia fronte
> L'Alpi alzarsi vegg'io; palagi enormi
> Della Natura, a cui sempre avviluppa
> Le creste nebulose un bianco velo.
> L'Eternità su massi irti di ghiaccio
> Il suo trono vi pianta, e la valanga,
> Fulmine della neve, a scettro impugna.
> Quanto l'anima esalta e la sgomenta
> Si raguna lassù, quasi la terra
> Voglia mostrar che farsi al Ciel vicina
> Possa, e le altere creature umane
> Nel profondo lasciar.
>
> BYRON, *Pellegrinaggio del Giovane Aroldo*
> 3°, 62, Trad. MAFFEI.

L'antica estensione dei ghiacciai ha esercitato molta influenza sul paesaggio attuale della Svizzera, e, a cagione dei materiali che essi trasportarono dalle montagne e disseminarono in basso, ne ebbe non lieve incremento la fertilità del paese. Inoltre, parecchi laghi, che tanto aggiungono alla sua bellezza, devono la loro origine ad antiche morene. L'esistenza di un periodo glaciale e la grande estensione che avevano una volta i ghiacciai svizzeri è provata da quattro fatti, cioè: dalle morene e dai depositi fluvio-glaciali, dai massi

erratici, dalle superficie levigate e striate e dai residui animali e vegetali che appartengono a specie del Nord.

Fig. 31. — Veduta del Grimsel.

DEPOSITI GLACIALI.

I depositi glaciali si possono classificare in due gruppi:

a) Morene.

b) Depositi glaciali che vennero riordinati dall'acqua e possono chiamarsi perciò fluvio-glaciali.

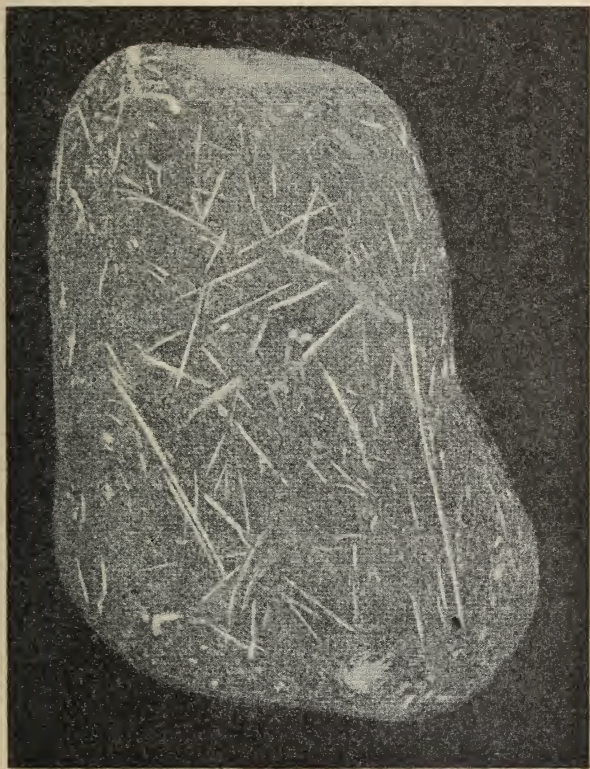



Fig. 32. — Ciottolo striato della morena a Zurigo.

Le morene sono caratterizzate dalla presenza di ciottoli levigati e striati che si trovano insieme a frammenti più o meno angolosi, spesso venuti da grande distanza,

e non ancora rotolati, i quali si depositarono irregolarmente in una sabbia o in un fango che, però, non ha stratificazione alcuna.

I depositi fluvio-glaciali sono composti degli stessi materiali più o meno rotolati e riordinati dall'acqua, come le ghiaie di un fiume, e non sono che depositi ammassati e trasportati dall'acqua a distanza più o meno grande.

Questi due depositi sono in intima relazione fra loro, poichè concordano nella composizione e differiscono soltanto per la stratificazione.

Fig. 33. — Depositi glaciali.
D, sito dell'antico ghiacciaio; *Z*, morena; *z*, depositi fluvio-glaciali.

Quanto più si rimonta verso la loro origine, i letti fluvio-glaciali risultano di ciottoli più grandi e più angolosi; mentre, diventando la stratificazione sempre meno regolare, essi si avvicinano sempre più al carattere di una vera morena.

La superficie di un vero deposito glaciale è irregolare, e presenta una serie di alture e di valli, spesso più o meno concentriche nel contorno, che racchiudono una depressione centrale (il posto del ghiacciaio stesso), formando una specie di anfiteatro.

Veggasi ad esempio la figura 33. Il Wettingenfeld, nella valle della Limmat, è il cono dei depositi fluvio-glaciali dell'antica morena di Killwangen.

In molti casi il cono di transizione presenta alternative di veri strati morenici e fluvio-glaciali, in causa del ritirarsi e dell'avanzarsi dei ghiacciai.

Quando il ghiacciaio si ritirava, l'acqua occupava la depressione centrale fra il ghiaccio e la morena, formando un lago; ma nella maggior parte dei casi, essa penetrava a poco a poco nella morena, il lago si prosciugava e le correnti allora erravano sopra l'antico letto del ghiacciaio. Lo straripamento naturale del lago nel punto più basso della morena spiega perchè lo sbocco non si trovi spesso nel centro della valle, e talvolta a qualche distanza dall'estremo del lago, come, ad esempio, in quello di Hallwyl.

Fig. 34. — Sezione attraverso la valle dell'Aar, sopra Coblenza
Scala lungh. 1 = 100.000; alt. 1 = 25.000

z, Terrazzo inferiore d'alluvione; *y*, alluvione superiore coperto da morene e da Löess; *x*, alluvione, coperto da Löess, dei «plateaux» superiori; *j*, strati giuresi in posto.

Lontano, giù per le valli, si trovano morene esattamente simili nel carattere a quelle che si formano e si ripetono tuttora lungo i fianchi e alla fronte dei ghiacciai attuali, indicando che, una volta, esse dovettero estendersi ancora più oltre delle aree presenti.

Il ghiacciaio del Rodano occupava il Vallese, dove esistono parecchie antiche morene; riempiva l'intero bacino del lago di Ginevra; e l'alto terrazzo di S. Paolo sopra Evian, è una morena dovuta alla confluenza degli antichi ghiacciai del Rodano e della Dransa, e così è pure del promontorio d'Yvoire.

Sempre più lontano, nella valle, si trovano depositi

glaciali lungo il Rodano fino a Lione ed anche oltre [1], e giù per l'Aar fino a Waldshut.

La figura 34 rappresenta terrazzi dovuti a fiumi e depositi glaciali nella valle dell'Aar, a breve distanza sopra Coblenza. E passando dall'Aar verso l'est, nel distretto del Wigger, ci sono importanti morene intorno al lago di Wauwyl che fu esso stesso il posto di un lago-villaggio, descritto accuratamente dal Col. Studer, ma che ora è prosciugato.

Nella valle della Suhr s'incontra una importante morena terminale a Stafelbach, un'altra a Triengen, mentre una terza cinge ed ha dato origine al lago di Sempach.

Nella valle del Winan, una nuova morena terminale è a Zezwil ed un'altra si trova proprio sopra Münster.

Nella valle dell'Aa si contano tre gruppi morenici: uno presso Shafisheim; un altro, composto di parecchie morene, è all'estremo settentrionale del lago di Halwyll (fig. 35), ed infine tra Shafisheim ed Egliswyl si hanno tre morene, delle quali l'interna circonda una palude, segnata Todtenmoos sulla carta, che è attraversata dal fiume Aa.

Presso Nieder Hallwyl, un'altra morena semicircolare, che abbraccia un'area di terreno basso e l'estremo del lago, si estende lungo la collina sui due lati delle acque. Le morene sono in alcuni luoghi grossolanamente stratificate e lungi dal lago vanno deperendo per avere in origine inclinato, senza dubbio, dalla gran cupola del ghiacciaio. Un terzo gruppo cinge l'estremo inferiore del lago di Baldegg.

Il gruppo più bello fra tutti si trova forse nella valle

---

(1) FALSAN AND CHANTRE, *Les anciens glaciers du Bassin du Rhône*. 1880.

Fig. 35. — Carta del paese tra Lucerna e Aarau
Linee oscure: *Morene antiche*. Punti: *Massi erratici*.

della Reuss e consta di cinque rialzi, i quali formano un anfiteatro intorno alla piccola città di Mellingen. L'Heiterberg, tra la Reuss e la Limmat, è pure cinto da una morena che raggiunge un'altezza non minore di 100 metri.

Nella valle della Limmat si osserva una bella morena terminale a Killwangen; una seconda è sotto Schlieren, una terza a Zurigo, ed una quarta forma il banco che attraversa il lago a Rapperschwyl. Queste morene terminali sono unite da morene laterali che corrono lungo i fianchi delle colline. Esse non segnano la massima estensione dei ghiacciai, ma indicano i luoghi dove essi fecero una sosta, durante la loro ritirata definitiva.

Ancora più sorprendenti sono le morene al sud delle Alpi. Probabilmente per il pendio più ripido e per la fusione più facile sotto un sole meridionale, non apparisce che i limiti dei ghiacciai abbiano variato tanto frequentemente. Perciò le morene terminali sono più riunite, più grandiose e più alte. Esse formano anfiteatri immensi che terminano con rialzi di parecchie centinaia di piedi d'altezza, e nessuno, che le vede per la prima volta, indovinerebbe all'istante la loro vera natura. Inoltre l'azzurro del cielo, la colorazione brillante, la ricca varietà della vegetazione danno al paesaggio morenico dell'Italia una squisita bellezza con la quale difficilmente può gareggiare quella del nord.

Ogni gran valle che si apre sulla pianura lombarda ha la sua morena. All'estremo inferiore del Lago Maggiore, a Sesto Calende, vi sono tre enormi morene concentriche [1]. Quelle del lago di Garda sono forse le più

---

[1] Martins and Gastaldi, *Essai sur les terrains sup. de la vallée du Po - Bull. Soc. Géol. de France* 1850.

grandi. Esse dànno luogo ad una serie di colline concentriche e raggiungono un'altezza di 300 metri; ma quelle d'Ivrea, all'aprirsi della valle d'Aosta, dovute pure al gran ghiacciaio proveniente dai fianchi meridionali della catena del Monte Bianco, sono le più alte e le più imponenti, e formano un anfiteatro intorno alla città. Quella all'est, detta la « Serra », che, quasi diritta, corre da Andrate a Cavaglio per una lunghezza di 20 miglia, si eleva 500 metri sopra la valle e conserva una linea di sommità molto uniforme. Al lato esterno ed orientale della gran morena esistono parecchi rialzi minori. A destra, una morena simile, ma meno elevata, si estende da Brosso a Strambinello, ma non è molto distinta, perchè poggia contro il fianco della montagna. Da Strambinello a Cavaglio forma un gran semicerchio, nel quale una volta racchiudevasi probabilmente un lago, rappresentato ora da quello di Viverone, di Candia e da alcuni stagni più piccoli. La Dora Baltea la divide in due parti quasi eguali. Infatti, è caratteristico delle valli italiane che la superficie sia relativamente bassa dove la valle sbocca nel piano, e poscia gradatamente si elevi verso il Po, originando un anfiteatro, il cui muro di cinta è la morena esterna. [1] In

---

[1] Penck, *Vergletscherung der Deutschen Alpen.*

Altri anfiteatri morenici sono in Italia i colli di Rivoli, presso Torino, allo sbocco della Dora Riparia; quelli a sud del lago di Como e quelli della Brianza che formano il doppio anfiteatro del grande ghiacciaio dell'Adda in corrispondenza con i due rami del Lario; i colli della Franciacorta, tra Sarnico ed Iseo, che cingono il lago e formano l'anfiteatro morenico del grande ghiacciaio antico della Valcamonica, e finalmente ad est si ha l'ultimo anfiteatro morenico del Tagliamento che si distende a nord-est di Udine. (*n. d. t.*)

parecchi luoghi del piano meridionale delle Alpi, le masse moreniche sono più o meno intercalate con depositi marini più recenti, i quali rassomigliano moltissimo alle morene sottomarine delle regioni polari ed all'argilla ciottolosa d'Inghilterra e di Scozia.

Inoltre, le morene più antiche sono meno scoscese ed hanno pendii più leggieri.

MASSI ERRATICI.

I massi erratici costituiscono un secondo gruppo di prove evidenti, intese a dimostrare l'antica estensione dei ghiacciai. Tali massi sono sovente di grandi dimensioni, ma non arrotondati, e provengono da grandi distanze. Molti di essi sono tanto ragguardevoli da aver colpito l'immaginazione dei paesani, che li hanno attribuiti ad agenti sovrumani, e ricevettero nomi speciali, come le « Pierres de Niton » nel lago presso Ginevra, così dette dalla tradizione che sopra di esse, al tempo dei Romani, si offrissero sacrifici a Nettuno. La « Pierre de Crans », presso Nyon, ha una larghezza di 22 metri ed è alta quasi 6 metri. La « Pierre à Bot » presso Neufchâtel, ad un livello di 671 metri ne ha 19 circa di lunghezza, 14 di larghezza e quasi 12 di altezza [1]. Essa è di Protogino e venne probabilmente dalla catena del Monte Bianco.

Altri celebri massi erratici sono il « Ploughstone », che si eleva, tra Erlenbach e Wetzweil, a circa 18 metri

---

[1] Queste ed altre misure simili sono nel testo espresse in piedi. Perciò ridotte in metri sono alquanto approssimative.

(*n. d. t.*)

dal suolo e contiene oltre 2042 metri cubici di pietra; il « Bloc du Trésor » presso Orsières ha un contenuto cubico di 3837 metri; il Masso di Monster a Montet, presso Devent, ne ha uno di 4539 metri, e il più grande di tutti secondo me, è un masso di serpentino sul Monte Moro, presso il lago di Mattmark, che misura 6809 metri cubici. Naturalmente, questi massi enormi rappresentano un'eccezione, ma i più piccoli sono innumerevoli.

In alcune località ve ne sono gruppi immensi — per esempio sulla collina di Montet, presso Devent; ad Orsières nella valle della Dransa D'Entremonts, sopra Martigny; ad Arpille, sul lato settentrionale della valle del Rodano, di fronte a Martigny; ed ancora più oltre, lungi dalle montagne, tutto il declivio meridionale del Giura è sparso di massi di granito.

« Tra Moliers, Travers e Fleurier, dice Viollet Le Duc, ci sono tanti massi di rocce primitive, come se ci si trovasse sulle alte Alpi » ([1]).

Uno dei gruppi più notevoli è a Monthey e domina la valle del Rodano sotto San Maurizio. Noi abbiamo qui, secondo Forbes, « una cintura di massi equilibrati, per così dire, sovra un fianco di monte, che può essere a 152 metri circa sul piano alluvionale attraversato dai serpeggiamenti del Rodano. Questa cintura, che non si eleva a grande altezza, è composta di massi granitici delle dimensioni di 30, 40, 50 e 60 piedi e si estende per delle miglia — sì per delle miglia — lungo il fianco del monte. A centinaia sono fantasticamente bilanciati l'uno sugli angoli dell'altro, ed avanzano le lor grige cime, battute dalle tempeste, in rilievi che sporgono dal declivio verdeggiante delle formazioni secondarie sulle

---

([1]) Agassiz, *Essai sur les Glaciers*.

quali riposano. Per tre o quattro miglia, un sentiero quasi sempre al medesimo livello, conduce fra i tronchi nocchieruti di antichi castagni che si disputano fra la mole dei massi lo spazio per crescere: un insieme che dà luogo a combinazioni infinite di bosco e di roccia, fra le quali un pittore di paesaggio potrebbe trascorrere intere giornate studiando e godendo [1] ».

Come già menzionammo, questi massi sono venuti da grande distanza, poichè nelle vicinanze non si trovano roccie simili, e spesso è possibile determinare la località dalla quale provennero.

Per esempio, presso il lago di Katzen vi è un masso d'una varietà particolare di granito che si sa trovarsi soltanto a Ponteljes-Tobel sopra Trons, nella valle del Reno. Molti massi della stessa roccia s'incontrano sulla sponda destra del lago di Zurigo e si può seguirli fino alla loro origine. Alla sinistra del lago non ve n'è neppur uno.

Difficilmente potrebbe essere questo il caso per un'altra teoria diversa da quella di trasporto per opera d'un ghiacciaio.

Anche il «Ploughstone», già menzionato, rassomiglia al Melafiro a grana fina del Gandstock nel mezzo del Cantone di Glarona.

---

(1) Forbes, *Travels through the Alps of Savoy.*

In Italia sono noti i massi erratici della morena della Selva presso Clusone; il masso di serpentino che si leva a picco sopra Civate di 2000 m. c. circa; sul San Primo, che divide con altre montagne il lago di Como in due rami, sono conosciuti volgarmente il *Sasso di Lentina*, della potenza di circa 1648 metri cubici, la *Pietra pendola*, il *Sasso Luna*, la *Pietra Nairola* ed altri deposti fino all'altezza di 700 metri sul lago (Stoppani).

(*n. d. t.*)

Probabilmente il masso di Steinhof, presso Soletta, che misura 1844 metri cubici, è della valle di Bagnes. La « Pièrre à Bot » presso Neuchâtel, già ricordata, è di Protogino ed è venuta dalla catena del Monte Bianco.

È probabile che gli antichi ghiacciai si muovessero con una velocità maggiore di quella dei loro discendenti, piccoli al paragone, dei nostri giorni; ma, secondo il valore attuale del movimento, la Pièrre à Bot avrebbe impiegato 1000 anni per venire dal suo luogo d'origine sulla catena del Monte Bianco, al posto dove si trova presentemente, presso Neuchâtel. Whymper calcolò che i massi d'Ivrea avrebbero impiegato un periodo eguale, i massi granitici di Seeberg 2000 anni, e, secondo Falsan, quelli di Lione devono avere impiegato circa 4000 anni per il loro lungo viaggio.

È evidente che questi massi non possono essere stati trascinati dall'acqua e per l'immensa velocità che si sarebbe richiesta pel trasporto di pesi tanto enormi, e perchè fra le altre ragioni, i loro angoli sono generalmente acuti e non arrotondati.

La loro presenza è spesso attribuita a forze soprannaturali e molte leggende si formarono intorno ad essi. Favre [1] ricorda un'osservazione fattagli da un contadino in riguardo al gran masso di Protogino presso Sapey; « Jamais, disait-il, on a vu une sì belle pierre; elle est tout entière, rien de cassé. Et puis, elle est si tranquille. On ne sait pas si les pierres grandissent; mais, il y a quinze ans, je pouvais monter dessus, à présent je ne sais comment cela se fait, mais je n'y puis grimper ».

Sembra che Playfair, nel 1802, sia stato il primo a

---

[1] Favre, *Rech. Géol.*, vol. i.

paragonare questi massi erratici con le morene ed a suggerire che essi vennero trasportati dai ghiacciai.

« Per il movimento di grandi masse di roccia, egli dice, ([1]) i fattori più potenti, che, senza dubbio, la natura impiega, sono i ghiacciai: quei laghi o fiumi di ghiaccio che si formano nelle più alte valli delle Alpi e di altre montagne di primo ordine. Queste grandi masse sono in perpetuo moto insieme con gli innumerevoli frammenti di roccia di cui sono caricate e che a poco a poco trasportano ai loro limiti estremi, dove una formidabile muraglia rivela l'importanza, ed attesta la forza della grande macchina che la eresse ». Tutti i visitatori notano con meraviglia la quantità immensa e la grandezza delle rocce trasportate in tal modo. Venetz fu il primo che diede una dimostrazione della vera origine del terreno erratico, ma fu Charpentier che nel 1829 avanzava una teoria con abilità da maestro, dopo che Perraudin, un cacciatore di camosci della Valle di Bagnes, gliene risvegliava l'idea.

Agassiz, paragonò i fenomeni svizzeri con quelli che si presentano nel nord d'Europa e dimostrò che in ambo i casi il paese fu coperto da un mare di ghiaccio, dal quale emergevano soltanto le sommità più alte.

Charpentier, ([2]) e in seguito Guyot, ([3]) seguendo il corso di molti massi erratici informarono che, a cominciare dal luogo di origine, essi si spandono quasi a forma di vêntaglio, e che quelli di un distretto non oltrepassano quelli di un altro, come avverrebbe se la loro distribuzione dipendesse da fiumi o da « icebergs »; ad esempio, quelli del Giura Occidentale vengono dal

([1]) *Illustrations of the Huttonian Theory*, vol. i.

([2]) *Essai sur les Glaciers*.

([3]) *Bull. Soc. Sci. Nat. Neuchâtel*, vol. i.

Monte Bianco e dal Vallese, quelli del Giura Bernese dall'Oberland Bernese e quelli d'Argovia dai cantoni orientali e dal Reno [1]. E non solo i massi erratici sono tenuti separati per ciascun bacino idrografico, ma, in generale, sono divisi anche quelli dei due versanti della stessa valle. Io dico « in generale » perchè sembra che in alcuni pochi casi i ghiacciai abbiano variato nelle relative dimensioni, soverchiandosi per qualche tempo l'un l'altro, ed a loro volta respingendosi.

Nondimeno, ciò si applica soltanto ad alcune poche aree eccezionali, come per esempio, fra i ghiacciai della Linth e della Reuss.

I massi erratici sono ancora più specialmente numerosi sulle sommità e sui declivi delle colline che nelle valli; essi non sono distribuiti secondo la grandezza, ma anche i più grandi si son forse trovati a 50 ed anche a 100 miglia lungi dal loro luogo di origine. I massi più piccoli sono spesso levigati e striati, come quelli sui ghiacciai attuali.

Per queste ed altre ragioni non si può dubitare che essi non sieno stati trasportati dai ghiacciai nelle loro presenti posizioni. Nondimeno, questi grandi massi, tanto imponenti, sono ancora un nulla rispetto alla quantità di ghiaia, di sabbia e di fango che i ghiacciai trascinarono e trasportarono sui rialzi interposti e attraverso laghi, e sparsero per tutta la Svizzera.

Per sfortuna i massi erratici, molto ricercati per costruzione o per altri scopi, spariscono rapidamente; però alcuni dei più notevoli sono stati felicemente assicurati e saranno mantenuti per merito delle società scientifiche svizzere.

---

[1] Agassiz, *Études sur les Glaciers*.

Considerando l'immensa estensione delle morene ed il numero enorme dei massi erratici, è evidente che il periodo glaciale ha avuto una lunghissima durata.

SUPERFICIE LEVIGATE E STRIATE ROCCE « MOUTONNÉES ».

Una terza classe di prove è quella che forniscono le superficie di rocce levigate e striate, le quali, naturalmente, si sono tanto meglio conservate quanto più duro era il materiale.

Fig. 36. — Diagramma a mostrare i rapporti fra la roccia e il detrito che ne fu difeso.

Poichè tali superficie s'incontrano al disotto dei ghiacciai attuali e nelle loro vicinanze, non può esservi dubbio che siano un effetto del ghiacciaio, o piuttosto delle pietre in esso contenute.

La fig. 31, che è una fotografia dell'Ospizio del Grimsel, offre un notevole caso di simili rocce che hanno risentito l'azione del ghiaccio. Però esse si trovano anche lontano dai presenti ghiacciai, ed anche in paesi dove non ve n'è alcuno. I dossi grigi arrotondati (fig. 31) ebbero da Saussure il nome di rocce « moutonnées » per la loro superficie increspata, e questo termine è ora generalmente adottato, forse perchè, viste principalmente a qualche distanza, rassomigliano a schiene di montoni.

Spesso sui fianchi delle valli si vedono superficie di roccia lisciata, e talvolta a grande altezza, a molte centinaia od anche ad alcune migliaia di piedi sopra il fiume attuale e molto lungi dai ghiacciai esistenti, come sui pendii del Giura.

Esse sono bene sviluppate specialmente dove il ghiaccio, o perchè la valle piega o per qualunque altra causa, incontra una resistenza maggiore. Le rocce a Martigny ne offrono un bellissimo esempio.

Generalmente, però, non si osservano sui punti più elevati, che mostrano, per conseguenza, un carattere affatto diverso (fig. 37). De Saussure fu il primo ad osservare nelle Alpi la prevalenza di superficie rocciose levigate, ma non ne diede alcuna spiegazione; non fu che Charpentier, il quale le indicò come dovute all'azione dei ghiacciai. Anche l'acqua corrente leviga le rocce, ma è facile, quasi sempre, distinguere l'azione dell'acqua da quella del ghiaccio. In primo luogo, le rocce « moutonnées » sono generalmente segnate da strie che hanno la direzione della valle e devono la loro origine alle piccole pietre contenute nel ghiaccio e al terriccio congelato. Di più, l'acqua agisce molto più energicamente nelle cavità, mentre il ghiaccio opera con maggiore effetto sopra alcune superficie sporgenti, di modo che nelle superficie logorate dall'acqua le curve sono concave, mentre sulle rocce «moutonnées» si hanno curve convesse. Inoltre l'azione dell'acqua è molto più irregolare di quella che produce il ghiaccio.

De Saussure fu pure, lungo tempo fa, colpito dal fatto che a Chamounix, nella valle dell'Aar, ed altrove, le rocce più alte erano angolose e terminate a punta, mentre in basso i fianchi della valle erano arrotondati e lisci. Egli non spiegò in alcun modo questo fatto che, osservato da Hugi, fu attribuito ad una differenza

nel carattere delle rocce. Ma Désor [1], che ascese nel 1841 il Juchliberg dove il contrasto è molto spiccato, ebbe a convincersi che il granito era assolutamente il medesimo, ed osservò inoltre, che sul granito lisciato, in specie sulla parte superiore, si trovano molti massi di gneiss portati dal Mieselen e dall'Ewigschneehorn. Soltanto i ghiacciai poterono trasportare quei massi, e ne concluse perciò che le superficie levigate si dovevano all'azione del ghiaccio e che se le parti superiori si presentano scabre ed angolose, ciò dipende dal fatto che esse si trovavano al disopra del livello del ghiaccio.

Fig. 37. — Veduta del Brunberghörner e del Juchlistock, presso il Grimsel, che mostra il limite superiore dell'azione glaciale.

Le superficie levigate non sono soltanto confinate nelle valli alpine, ma, dovunque si presentano rocce adatte, esse si trovano dappertutto, nella pianura centrale e sul Giura, dove spesso sono molto bene sviluppate e conosciute col nome locale di « Laves ». Il livello superiore delle rocce arrotondate si abbassa con la valle.

(1) Désor, *Gebirgsbau*.

Sulle coste di Norvegia e della Svezia si possono scoprire ancora sotto il mare tali superficie che subirono l'azione del ghiaccio, specialmente quando l'acqua non è intorbidata dalla sabbia. Le strie seguono la direzione generale della valle, le superficie levigate sono sul lato maggiormente esposto, mentre l'altro lato è più scosceso, come osservasi nella figura 36.

Un bell'esempio di tali rocce levigate si può vedere proprio di faccia al grande « Hôtel » sul Maloia.

MARMITTE DEI GIGANTI.

Le Marmitte dei Giganti sono talvolta considerate come una prova dell'azione di antichi ghiacciai. Senza dubbio quelle di Lucerna hanno una tale origine, ma in altri casi queste cavità furono prodotte dell'azione dei fiumi.

PROVE FORNITE DALLA FLORA E DALLA FAUNA.

Un altro gruppo di prove è fornito dalla Botanica e dalla Zoologia. Molte delle piante che ora occupano le montagne svizzere sono indigene delle regioni artiche. Esse non poterono, nelle circostanze attuali, traversare i piani interposti, ma devono averli occupati allora che il clima era più freddo, e poscia, quando la temperatura si elevò, furono cacciate sui monti, come la Marmotta e il Camoscio fra gli animali.

I Salici Polari, il Larice, il Pino Arolla, per esempio, sono specie siberiane e non si trovano in Germania.

Qua e là pure, nel « drift » (1) e nelle torbiere delle bassure, si sono trovati avanzi di specie alpine ed artiche — il Pino Arolla, la Betulla nana, i Salici polari (*S. polaris*, *S. retusa* e *S. reticulata*.), la « Dryas octopetala », il Polygonun viviparum, ecc.

Inoltre, sopra le sommità elevate dei distretti più bassi e nelle paludi dietro antiche morene, si trovano colonie viventi di alte specie alpine, i semi delle quali difficilmente poterono essere trasportati dal vento e nemmeno dall'acqua, poichè s'incontrano in distretti non bagnati da veruna corrente alpina. Sull' Uetliberg, il Prof. Heer trovò due piante che specialmente caratterizzano le morene — la « Linaria alpina » e l' « Epilobium Fleischeri ».

Una felce alpina (Asplenium septentrionale) che pare si trovi soltanto nel Cantone di Zurigo, s'incontra sul Ploughstone di Erlenbach. Si hanno due specie svizzere di « Rhododendron » — una con la pagina inferiore delle foglie di color ruggine (R. ferrugineum), l'altra dalle foglie frangiate (R. hirsutum). Questa specie preferisce un suolo calcareo e regioni più basse, cosicchè dovremmo aspettarci di trovarla prevalente sul Giura. Eppure vi s'incontra soltanto la specie a foglie rugginose, trasportatavi, probabilmente, per opera dell'antico ghiacciaio dalle montagne cristalline del Sempione e del San Bernardo, dove è molto abbondante (2).

Anche il regno animale ci offre prove identiche.

---

(1) Sotto il nome di « Drift » i geologi inglesi ed americani intendono il terreno glaciale sotto forma di detrito glaciale o di alluvione fluvio-glaciale. Secondo Dana il *periodo glaciale* è quello della dispersione del drift, ossia d'un detrito prettamente glaciale. (*n. d. t.*)

(2) Heer, *Primoeval Wordl of Schvitzerland*, vol. ii.

Si trovano colonie viventi di animali alpini ed artici, specialmente d'insetti e di molluschi, sulla sommità di montagne isolate e nelle paludi dietro le morene, insieme con piante alpine e massi erratici. Inoltre, mentre gli animali terrestri si sono ritirati sui monti, le specie acquatiche si sono cacciate in acque più profonde e più fredde.

Ad esempio: « il Nephros norvegicus » nelle profondità del mare al Quarnero; parecchi animali artici nelle acque profonde dei laghi svedesi Wenern e Wettern. Nei depositi glaciali si sono trovati avanzi di varie specie artiche. Nei letti di ghiaia presso Maidenhead, Carlo Kingsley ed io trovammo un cranio di Mosco, ed avanzi della stessa specie, quantunque rari, furono anche trovati in diverse parti d'Europa. Con il Mosco si sono pure trovati, nei depositi glaciali, l'Uro, l'Aurochs, il Cavallo selvatico, il Mammouth, il Rinoceronte crinito, la Renna, l'Alce, il Cervo gigante o Alce irlandese, il Ghiottone, lo Stambecco, il Camoscio, la Iena delle caverne, l'Orso delle caverne, la Volpe polare, il Lemning, lo Ptarmigan, la Marmotta, la Civetta nivea; quantunque gli avanzi fossili sieno rari nei depositi svizzeri di questo periodo.

Sarebbe fuori di posto, nel presente libro, l'entrare nella considerazione delle cause che probabilmente menarono all'esistenza del periodo glaciale o alla sua data probabile. Nei miei « Tempi Preistorici » ho discusso tale questione e ad essi posso rinviare coloro che desiderino addentrarsi maggiormente nel soggetto, ma qui voglio dire soltanto che non vedo una ragione sufficiente per cangiare d'opinione (quantunque su ciò sieno stati recentemente emessi dei dubbi da H. Howorth e da altri) che esso fu dovuto principalmente a cause astronomiche, e raggiunse il suo *maximum* da 50 a 100,000 anni fa.

È pieno d'interesse che Heim, trattando la questione da un altro punto di vista, cioè da uno studio accurato sul valore dell'erosione e dei depositi, abbia calcolato il principio dell'epoca glaciale a 100,000 anni fa, e a circa 16,000 anni la ritirata definitiva dei ghiacciai.

Se tale spiegazione è giusta, ne segue che i periodi di caldo e di freddo devono essersi succeduti l'uno all'altro par parecchie volte, ad intervalli di 21.000 anni e in accordo con ciò, troviamo, come già Morlot additava, che i ghiacciai si avanzarono e si ritirarono più di una volta.

Fra i depositi glaciali si trovano interposti degli strati che indicano condizioni più calde, ed i geologi svizzeri e della Germania del Sud sono d'avviso che vi furono tre periodi di freddo con intervalli più miti.

Nella Scozia, Giacomo Geikie ed altri hanno riportato prove di alternative più numerose [1].

Morlot fu in principio condotto a tale conclusione dalle osservazioni nella valle della Dransa, a sud di Thonon sul Lago di Ginevra, che io ebbi il piacere di visitare sotto la sua direzione. In questa gola, fra due depositi glaciali ben distinti, ve n'è uno che indica un clima più dolce.

D'altra parte, in parecchi luoghi del Cantone di Zurigo, vi sono letti di lignite, sufficientemente profondi da venire sfruttati a fornire combustibile. Essi sono intercalati fra depositi glaciali, indicano una vegetazione lussureggiante e perciò un clima mite; contengono inoltre avanzi d'animali, come l'« Hippopotamus » che non potè sopportare gran freddo. A parer mio, ciò può spiegarsi soltanto ammettendo che tali gruppi di animali occupassero il paese alternatamente.

---

[1] *The great Ice Age.*

Le morene, che sono state lungamente esposte all'azione dell'atmosfera, a poco a poco si alterano alla superficie, ed i ciottoli, che più risentono di tale azione, vengono talvolta affatto disgregati; anche quelli di granito si riducono in una specie di argilla, pur ritenendo la loro forma primitiva. Lo strato attaccato può avere uno spessore di uno a due piedi od anche più, e questa crosta, che subisce le azioni atmosferiche, assume spesso un colore rossiccio che le meritò il nome di « ferretto », datole dai geologi italiani.

Nel caso che una morena antica, dopo un lungo intervallo, sia rimasta coperta da un'altra morena più recente, il ferretto ci aiuta a riconoscerle. Infatti esso è una valida conferma dell'esistenza dei periodi interglaciali, durante i quali i ghiacciai si ritirarono e prevalse un clima più « geniale ».

A Ivrea, per esempio, il ferretto che si trova sulla gigantesca morena « la Serra », indica che essa non si formò in un periodo glaciale lungo e continuo. Le morene rivestite di ferretto occupano ordinariamente il lato esterno dell'anfiteatro morenico, ed hanno gli orli interni coperti dalle morene interiori e più recenti. Al sud delle Alpi si trovano pure letti di lignite [1]. È nella valle dell'Inn, dove un periodo interglaciale è più chiaramente manifesto. Ad Hottingen, presso Innsbruck, vi è un gran deposito glaciale che riposa sopra una morena di fondo all'altezza di 1300 metri sopra la valle, ed è sormontato, a 1900 metri, da un'altra morena. In questi strati fluvio-glaciali Wettstein trovò e studiò 41 specie di piante, delle quali 29 vivono ora nelle località imme-

---

[1] Rütimeyer, *Uber Pliocene und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen.*

diatamente vicine, 6 esistono nel Tirolo, ma ad un livello più basso, 6 più lontano a sud e 4 non sono state determinate. In questo caso si ha quindi la prova che la valle dell'Inn fu dapprima riempita da un ghiacciaio all'altezza di 1300 metri; in seguito successe un periodo con un clima alquanto più dolce dell'attuale e finalmente ebbe luogo un altro periodo glaciale, durante il quale la valle fu di nuovo riempita di ghiaccio ad una profondità di 1900 metri ([1]).

La prima Età glaciale è rappresentata da una morena di fondo e dal « Deckenschotter », una ghiaia del « diluvium », curiosamente caratterizzata dalla presenza di cavità arrotondate che in principio furono occupate da ciottoli, disciolti ed asportati attraverso la ganga dura ma permeabile.

Ad eccezione di uno o due punti elevati, come il Napf, non vi ha su tutta la pianura centrale fra il Giura ed il Reno, un'area considerevole dove non s'incontrino tracce di una primitiva azione glaciale, che, in alcuni luoghi, si scoprono sino ad un'altezza, talvolta, superiore ai 400 metri. Perciò sembrerebbe a prima vista degno di nota che non si conoscano morene terminali riferibili a questo periodo, ma occorre ricordare che tutto il paese fu coperto di ghiaccio, eccetto nelle parti più alte. Quindi, come ora nel caso della Groenlandia, la superficie fu senza dubbio liberissima da detriti e perciò, forse, i depositi glaciali della periferia sono rappresentati soltanto da morene di fondo.

La seconda Età glaciale è rivelata dalle alte morene sulle colline dominanti le valli; e la terza da quelle che formano rilievi più o meno completi che s'incurvano

([1]) Penck, *Vergletscherung der Deutschen Alpen.*

attraverso le valli e lungo i pendii. È possibile che i ghiacciai, in alcuni casi, si siano spinti ancora innanzi sopra le morene interne, ed il Dr. Mühlberg pensa che in tal modo possa spiegarsi la morena molto spianata che cinge immediatamente il lago, ad Hallwyl.

LIMITE DEGLI ANTICHI GHIACCIAI.

La dimostrazione che i ghiacciai fossero, una volta, molto più grandi che non attuálmente sembra quindi decisiva, ed i fatti già riferiti danno qualche indizio della loro estensione.

Cominciando dal ghiacciaio del Rodano, l'antico limite superiore del ghiaccio ad Oberwald fu a 2776 metri o a 1400 m. sul livello del fiume [1]; a Viesch fu a 2700 o a 1700 sul fiume; a Leuk a 2100 o a 1470; a Martigny a 2080 o a 1620; a Ginevra a 1300 o a 950 sopra il lago [2]. Sui declivi del Giura esso tocca il suo punto più alto a Chasseron, a nord-west di Neufchâtel, di fronte alla valle del Rodano, dove raggiunge un'altezza superiore ai 1350 metri, o di 977 m. sopra il lago, discendendo gradatamente al piano, da una parte verso Soletta, e dall'altra a Gex. A Neuchâtel i massi erratici formano una cintura a quasi 244 metri sul lago, e al disopra e al disotto di questa linea diminuiscono rapidamente di numero. Il Ghiacciaio del Rodano, nel periodo della sua estensione maggiore [3], non solo occupava tutto il Vallese e il lago di Ginevra, ma elevan-

---

[1] Falsan and Chantre, *Anc. Glaciers du B. du Rhône*, vol. ii.

[2] Favre, *Description Géol. du Canton de Genéve*, vol. i.

[3] Vedi Favre, *Carte des Anciens Glaciers de la Suisse.*

dosi sul Giura all'altezza di 1350 metri, attraversava il Vuache e discendeva nell'attuale valle del Rodano. Girando da una parte per Bourg, Trévoux, Lione e Vienna, mandava un ramo oltre Pontarlier fino a Salins e ad Ornans, e si estendeva per la valle dell'Aar fino a Waldshut, quasi all'incontro dell'estremo occidentale del Ghiacciaio del Reno.

L'antico Ghiacciaio del Reno occupava il lago di Walen, tutta la valle della Thur fino a Sciaffusa, il Klettgau e toccava quasi fin a Waldshut; riempiva il lago di Costanza, si estendeva considerevolmente a nord toccando al Danubio fino a Sigmaringen, mentre il suo limite settentrionale seguiva per qualche tratto il versante attuale fra le regioni del Reno e del Danubio.

In tal modo i due grandi ghiacciai del Rodano e del Reno quasi rinserravano quelli dell'Aar, della Reuss e della Limmat.

Il Ghiacciaio dell'Aar giungeva fino a Berna, dove si osserva una morena bellissima. Quello della Reuss si estendeva ad Aarau e giù per la valle dell'Aar, a Coblenza. Ad est riempiva i laghi di Egeri e di Zug, si stendeva lungo l'Albis fino all'Uetliberg e a Schlieren sulla Limmat; seguendo la valle fino a Coblenza.

Il Ghiacciaio della Limmat era limitato ad ovest da quello della Reuss; all'est, da Wesen sul lago di Valen fino al Reno ad Eglisau, seguiva la valle fino a Coblenza, dove perciò questi quattro grandi ghiacciai si incontravano. I Ghiacciai della catena del Monte Bianco non solo occupavano la valle di Chamounix ed il paese all'ovest fino al lago di Bourget ed oltre, ma, allontanandosi verso est, si univano a quello del Rodano.

Infatti, un mare di ghiaccio copriva tutto il paese, eccetto alcune cime montuose, da Lione a Basilea, e lungo il Reno e il lago di Costanza, attraverso la Baviera, si estendeva a Monaco ed oltre Salisburgo.

Però l'estensione dei ghiacciai non implica necessariamente verun clima estremo.

Per quanto ciò possa apparire un paradosso, i ghiacciai hanno bisogno tanto del caldo quanto del freddo: il caldo serve a formare il vapore che si condenserà nuovamente in neve. Una serie di estati umide farebbe ingrandire i ghiacciai più che una serie di stagioni fredde.

Leblanc (1) calcolò che il periodo glaciale non ebbe bisogno di una media temperatura inferiore della presente più di 7 gradi centigradi, ed altre Autorità considerano che ad ogni modo basterebbe anche un abbassamento di cinque gradi.

Abbassandosi la temperatura quasi di un grado per ogni 188 metri, un abbassamento di cinque gradi corrisponderebbe a 940 metri; ora la linea attuale delle nevi essendo a 2700 metri, essa discenderebbe a 1760 metri ed il limite più basso dei ghiacciai da 1200 m. a 360; cioè un po' al disotto di Ginevra che è a 375 metri. Invero sarebbe ancora più basso, poichè quanto più grande è il campo di neve tanto più discende il ghiacciaio.

Non si hanno prove dell'esistenza dell'Uomo nei tempi preglaciali, ed è tuttora incerto se egli abitasse la Svizzera durante i periodi interglaciali. Rütimeyer ha descritto alcuni pezzi di legno appartenenti a questo periodo, e che sono stati tagliati da qualche strumento tagliente e disposti a formare una specie di paniere. Certamente sembrano dovuti ad umana fattura, ma la prova non è affatto decisiva.

Senza dubbio è accaduto a molti di noi di stare sopra qualche cima montuosa quando le vette circostanti sono

---

(1) *Bull. Soc. Géol. France*, 1843.

coperte di neve e le valli interposte sono occupate da una densa nebbia bianca che, specialmente alla prima luce del mattino, si distingue difficilmente dalla neve. In tal caso noi abbiamo dinanzi una scena perfettamente simile a quella che il paese deve aver offerto, quando era inviluppato dal ghiaccio del periodo glaciale.

I geologi della Baviera hanno prodotto valide prove per credere che quivi e nella Svevia ci furono tre periodi di grande estensione dei ghiacciai con intervalli di clima più mite, e il Dr. Du Pasquier, che ha specialmente studiato i depositi fluvio-glaciali della Svizzera, opina che essi confermano tal modo di vedere.

Il primo periodo freddo, egli pensa, è rappresentato dal così detto « Deckenschotter », di cui l'esempio meglio conosciuto è forse quello alla sommità dell' Uetliberg, presso Zurigo, a 400 m. sopra il lago. Esso risulta di una ghiaia grossolana, più o meno cementata, in cui molti ciottoli, disfatti o scomparsi, hanno lasciato cavità arrotondate (1). Questo deposito che in origine era più o meno continuo, con uno spessore dai 30 ai 50 metri, fu formato dall' acqua proveniente dalla fusione dei ghiacciai, ma in gran parte è stato rimosso, lasciando solo qua e là dei frammenti sulle parti alte. È degno di nota che non contiene tracce di granito del Julier o di Puntaiglas (2), perchè probabilmente queste rocce erano ancora coperte dagli schisti cristallini. Non si conoscono le morene laterali di questo periodo, ma quelle di fondo sono bene sviluppate. Sotto il Deckenschotter, sull'Uetliberg, esse raggiungono uno spessore di 2 a 20 metri e con probabilità furono per la maggior parte distrutte dai ghiacciai durante la seconda epoca glaciale.

(1) Nel vero Nagelflue non si osserva questa struttura.

(2) Du Pasquier, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXXI.

Questa è rappresentata da letti di ghiaia, ancora lontani sopra gli alvei delle valli attuali, ma ad un livello più basso, e da morene esterne e superiori, come ad esempio quelle di Höngg nel distretto di Zurigo, quelle dell'Albis, ecc. Nondimeno le morene terminali di questo periodo furono, probabilmente, oltre i limiti della Svizzera.

La terza epoca glaciale è indicata dai terrazzi inferiori e dalle morene nelle valli. In quella di Zurigo, la morena di Killwangen fu forse la più esterna, mentre quelle di Zurigo e di Rapperschwyl rappresentarono lunghi periodi di sosta e di riposo dei ghiacciai nella loro ritirata generale.

In teoria, questa spiegazione è chiara e semplice, ma non è sempre facile identificare gli strati. Il Deckenschotter, invero, o lo strato superiore o più antico, può essere generalmente riconosciuto dalle numerose cavità, dalla condizione quasi « marcita » di molti ciottoli che molto più frequentemente sono cementati insieme e, in alcuni distretti, dalla loro natura; nella valle di Zurigo, per esempio, dall'assenza o grande scarsezza di Sernifite e delle rocce silicee alpine e dalla frequenza dell'Hochgebirgskalk, che non s'incontra nel Nagelflue del Miocene [1]; ma vi sono molti depositi glaciali di cui l'età esatta è molto incerta.

La tavola a pag. 120 ne dà i periodi, i depositi ed i grandi Mammiferi caratteristici, secondo il Dr. Du Pasquier [2].

Generalmente i periodi glaciali, secondo l'opinione del Dr. Du Pasquier, furono, per quanto riguarda le valli centrali svizzere, periodi di deposito, e gl'interglaciali, periodi di scavamento.

---

(1) Appeli, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxiv.

(2) *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxi.

TAVOLA DEI DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI

Condizioni climatiche	Periodi geologici	Depositi	Avanzi organici	Depositi corrispondenti in Inghilterra
Ultimo periodo glaciale	Pleistocene Sup.	Morene interne Grandi terrazzi Inferiori	Mammouth (Elephas primigenius) Rhinoceros tichorinus	Ghiaie di fiume
Breve periodo interglaciale	Pleistocene medio	Loess Letti di carbone	Elephas antiquus Rhinoceros Merckii, Hippopotamus major	. . .
Periodo Glaciale medio	. . .	Morene esterne Ghiaie d'Alti Terrazzi	. . .	. . .
Lungo periodo interglaciale	Pleistocene Infer.	. . .	Elephas meridionalis	Letti di foreste
Primo periodo glaciale	Pliocene Super.	« Deckenschotter »	Elephas meridionalis Mastodon arvernensis	Crag di Norwich

CAPITOLO VI

VALLI.

Le valli sono così strettamente associate ai fiumi che, in generale, si considerano, ora, come inseparabili da essi; ed invero non esistono che poche valli le quali non sieno state scavate e profondamente modificate dall'azione dell'acqua. Nondimeno molte valli sono « tettoniche » cioè sono dovute o stanno in relazione definita con la struttura geologica; e si hanno alcune particolarità nel modellamento di valli che sono affatto indipendenti dall'azione dell'acqua e che sarebbe conveniente esaminare separatamente. Come già fu detto, la pianura lombarda è una valle di depressione; il lembo, per così dire, inferiore del grande arco delle Alpi. Essa non fu scavata dal Po; al contrario, il fiume ha impiegato dei secoli a colmarla, poichè, un pozzo forato a Milano, a 162 metri di profondità, non raggiunse il fondo dei depositi fluviali [1].

La valle del Reno, sotto Basilea, è pure una linea di depressione, e le due regioni cristalline della Foresta Nera e dei Vosgi una volta erano continue.

---

[1] Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, vol. ii.

Le valli appartengono a diverse classi e nella Svizzero hanno ricevuto nomi speciali, come Valli, Combe, Chiuse, Ruz, Circhi ecc., che tuttavia non bastano per indicare tutti i differenti tipi, e non sempre vengono usati nel medesimo senso.

In molti casi le valli seguono la direzione degli strati ed allora si chiamano, come pel primo suggerì De Saussure, valli longitudinali, mentre quando tagliano gli strali trasversalmente, si dicono trasversali od oblique, ovvero chiuse.

Come Escher von der Linth additò per il primo, le valli longitudinali sono di tre generi diversi.

Le Valli *Sinclinali* (v. *ante* p. 38) occupano le depressioni di strati piegati e generalmente sono larghe. Molte valli del Giura sono di questo tipo.

Le Valli *Anticlinali* sono quelle che hanno origine, quando, rottosi l'arco fra due sinclinali, viene in tal modo facilitata l'azione dell'acqua. La Justithal, (figura 126), che si apre sul lago di Thun, offre un esempio di tal fatta. In ambedue i casi riferiti, gli strati sono i medesimi ai due lati della valle, ma nelle valli longitudinali, dovute alla sporgenza di strati di durezza differente, gli strati sui due fianchi non sono simili. Nella Svizzera queste valli si dicono « Combe » (1).

Supponiamo che un'anticlinale fratturata *A A' A''* (fig. 38) sia stata dalla denudazione abbassata fino ad *A C' A''* e che un corso d'acqua vi si svolga nella direzione *C' E*. Se gli strati sono di diversa durezza, uno strato tenero *B B' B''*, fra i due più duri *A* e *C*, sarà qua e là portato alla superficie. In tal caso, per effetto

(1) In questo paese la parola « Comba » è spesso usata come sinonimo di « Circo ».

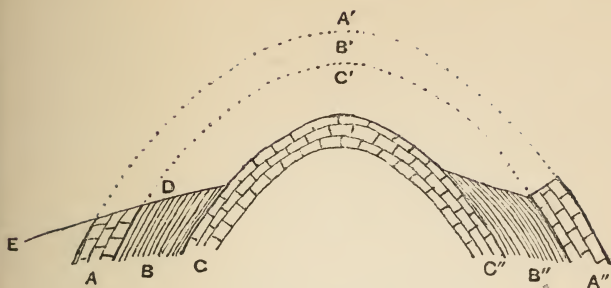



Fig. 38.

della maggiore morbidezza dello strato *B*, le correnti secondarie, a causa dell'erosione, spesso retrocederanno, come nella figura 39, *F F*, formando così delle valli

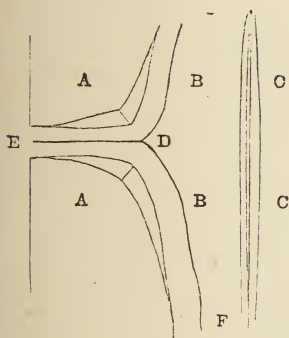
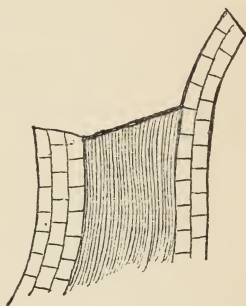



Fig. 39. Fig. 40.

longitudinali parallele al rialto, poichè i lati sono costituiti dagli strati piu duri *A C*. Tali valli (fig. 40) sono comuni nel Giura.

Talvolta lungo una valle principale si incontrano due o tre di tali « Combe » come, per esempio, (fig. 41) fra

Mont Tendre e la valle dell'Orba, dove quattro rilievi di strati più duri — Urgoniano, Neocomiano, Valangiano ed infine roccia di Portland — racchiudono tre combe dovute all'esistenza di strati più teneri. È evidente che in questo caso la valle trasversale *D E* (figura 39) è più antica della longitudinale *F F*.

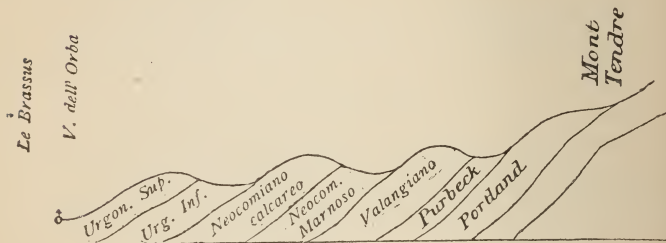



Fig. 41. Sezione dalla Valle dell'Orba a Mont Tendre, dove si osservano quattro valli dovute alla presenza di strati che facilmente si distruggono.

Un'occhiata a qualunque carta geologica della Svizzera, mostrerà che molti fiumi corrono lungo la testata degli strati.

I lunghi tratti scoscesi che si estendono per parecchie miglia attraverso il paese e che per lungo tempo furono riguardati come parti di antica costa, si considerano ora, principalmente dopo le ricerche di Whitaker, dovute all'azione differente di cause sub-aeree. I pendii scoscesi di calcare nel nostro paese e la gran muraglia dell'Oberland Bernese sono di questo carattere. Si può concludere con certezza che le valli longitudinali devono la loro origine alla stessa causa che formò le catene montuose, poichè esse hanno la medesima direzione. Infatti, esse non sono che catene montuose negative.

VALLI TRASVERSALI.

Le valli trasversali tagliano gli strati secondo angoli più o meno retti, ed in generale sono strette, formando spesso delle gole profonde, più o meno ingombre di rocce cadute. Esse sono tanto più strette quanto più dura è la roccia.

Il loro carattere dipende in sommo grado dalla natura e dalla inclinazione degli strati.

Tuttavia, a meno che la pendenza del suolo coincida esattamente con quella degli strati, un fiume che corre per una valle trasversale, incontrerà generalmente, qua e là, degli strati più duri che daranno origine a cateratte o a cascate.

L'azione dell'acqua corrente è relativamente debole quando gli strati sono orizzontali, mentre quelli verticali o molto inclinati favoriscono l'erosione con maggiore facilità. Non è solo la gravità che agisce, ma l'acqua scava più facilmente, ed in tal modo la disgregazione chimica e meccanica viene sommamente accresciuta. Da ciò deriva che mentre delle valli trasversali servono di scolo alle valli longitudinali, accade raramente l'opposto. Infatti le valli trasversali prevalgono sulle valli longitudinali.

Le valli longitudinali differiscono ancora, pér quanto riguarda la Svizzera, dalle trasversali, perchè le prime vanno approssimativamente da est ad ovest, mentre le seconde sono dirette da nord a sud. Si ha quindi una grande diversità nel loro aspetto generale. Nelle valli trasversali non solo i due fianchi risultano delle stesse rocce, ma press'a poco ricevono entrambi la stessa quantità di luce e di raggi solari, cosicchè la vegetazione si

sviluppa in circostanze più o meno identiche. Invece nelle valli longitudinali, gli strati non solo sono differenti sui due fianchi, ma quello settentrionale che guarda a sud, riceve più sole, mentre il fianco meridionale rimane per maggior tempo nell'ombra. Il contrasto si osserva saliente nello stesso Vallese, dove il lato rivolto a sud verdeggia di boschi, e il lato nord, al paragone, è arido e nudo.

In alcuni luoghi, per esempio nella valle del Rodano, sotto Visp, le verdeggianti linee di vegetazione, che seguono le « Bisses » o i corsi d'acqua artificiali, sono evidentissime.

Sul lago di Zurigo, quantunque la vegetazione sia la stessa sulle due sponde — boschi, prati e vigneti; pure è distribuita affatto differentemente. Le sponde del lago sono terrazzate, di guisa che si hanno delle zone piane e dei pendii ripidi. Verso nord-est, sui pendii che ricevono maggior quantità di sole, sono piantati i vigneti, mentre sui terrazzi si ha bosco e prato. All'ovest, invece, sono i terrazzi che ricevono maggior quantità di sole e per conseguenza le vigne sono sui terrazzi, mentre i prati e i boschi rivestono i pendii.

Vi è un'altra classe di valli, quelle, cioè, dovute a linee di frattura e di dislocamento, e che perciò possono chiamarsi « valli per salti » che, per altro, sono relativamente rare.

Uno stesso fiume può presentare caratteri molto differenti nelle diverse parti del suo corso, scorrendo per qualche tratto in una valle longitudinale ed altrove in una trasversale. Il Rodano, per esempio, dal ghiacciaio fin presso Oberwald, occupa una valle trasversale; da Oberwald a Martigny una valle longitudinale, ed una obliqua da Martigny al lago.

Se si guarda una carta ordinaria della Svizzera, si

possono a prima vista rilevare soltanto piccoli rapporti fra i corsi dei fiumi e le catene dei monti. Però, se la

Fig. 42. Schizzo di fiumi svizzeri.

carta è colorata geologicamente, si scorge subito che gli strati si dirigono approssimativamente da S. W. a N. E., e che i fiumi compongono due gruppi, ciascuno

dei quali corre nella medesima direzione, o segue una via ad angoli retti con essa.

Le montagne centrali risultano principalmente di gneiss, di granito e di schisti cristallini; la linea di congiunzione fra queste rocce e gli strati secondari e terziari al nord, corre, presso a poco, da Hyères a Grenoble, e poscia per Albertville, Sion, Coira, Innsbruck, Radstadt e Hieflau, verso Vienna. Questa linea è seguita (per alcuni tratti del loro corso) dall'Isère, dal Rodano, dalla Reuss, dal Reno, dall'Inn e dall'Enns. Una delle grandi pieghe, brevemente descritta nel capitolo precedente, si eleva sopra l'Isère, lungo la valle di Chamounix, sul Rodano, attraverso l'Urserenthal; discende per la valle del Reno a Coira, corre lungo l'Inn quasi fino a Kufstein, e, per qualche tratto, lungo l'Enns.

In tal modo, perciò, cinque grandi fiumi hanno tolto vantaggio da questa piega principale, ciascuno di essi aprendosi eventualmente una via in una valle trasversale.

Perciò l'origine della valle non è dovuta ai fiumi che corrono attraverso di essa.

Di più, come rivela un'occhiata allo schizzo (fig. 42), la grande valle dell'Aar, dal lago di Neuchâtel fino a Coblenza, si continua nel corso del Danubio Superiore.

La Val Puster, nel Tirolo, ci offre un caso interessante di ciò che è manifestamente una singola valle, leggermente elevata, però, nel centro, presso Toblach, in guisa che da questo punto l'acqua corre in due direzioni opposte — la Drava verso est, e la Rienz verso ovest.

In questo caso l'elevazione è unica e di poco conto; nella valle principale della Svizzera sono parecchi i versanti e molto più alti, e tuttavia, secondo me, si può in un certo senso riguardare la valle dell'Arve (fig. 42) da Les Houches al Col di Balma, del Rodano da Mar-

tigny alla sorgente, quella di Urseren, del Reno Anteriore dalla sorgente fino a Coira, dell'Inn da Landeck fin sotto Innsbruck, e forse anche quella dell'Enns da Radstadt ad Hieflau, come una valle sola dovuta ad una di queste pieghe longitudinali, ma interrotta da dossi di gneiss e di granito — uno culminante nel Monte Bianco e l'altro nel San Gottardo — che hanno separato le acque dell'Isère, del Rodano, del Reno Anteriore, dell'Inn e dell'Enns.

Che la valle di Chamounix, il Vallese, la valle di Urseren (Valle Orsera, *Tr.*) ed il Reno Anteriore formino realmente parte di una gran piega, è ulteriormente dimostrato dalla presenza di una cintura di strati Giuresi *pizzicati*, per così dire, fra le rocce cristalline.

Quindi questa gran valle, sebbene immensamente approfondita ed ampliata dall'erosione, non può dovere la sua origine o direzione all'azione di un fiume, poichè in differenti tratti è occupata da fiumi diversi che hanno direzioni opposte. Si ha infatti una gran valle, ma parecchi fiumi. Essa è dovuta perciò ad una causa precedente; essa è, per usàre un termine tecnico, « geotettonica », ed è dovuta alla enorme compressione laterale da S. E. a N. W., che dette luogo nella Svizzera ad una serie di grandi pieghe.

Un identico caso ci si offre nella Val Ferret. La sua profondità, senza dubbio, è principalmente dovuta all'erosione, ma essa segue il tratto degli strati Giuresi che giacciono al piede della gran parete montuosa della catena del Monte Bianco. Nessuno che guardi una carta, può, per un istante, dubitare che si tratta in realtà di una valle unica, ma divisa in tre parti: la porzione orientale è occupata da un ramo della Dransa che corre a N. E.; la centrale, dalla Dora che va verso S. W.; l'occidentale, da un altro ramo della Dora che volge a

N. E., e che, incontrando quello della Dransa al piede del Ghiacciaio della Brenva, sbocca con esso in una valle trasversale dirigendosi a S. E. verso Courmayeur ed Aosta. Anche la gran valle che ha dato origine ai Laghi di Neuchâtel e di Bienne, e che segue il corso dell'Aar da Soletta a Brugg, riappare nel corso del Danubio, sotto Donaueschingen. Per certi aspetti, i corsi dei fiumi rivelano la configurazione primitiva della superficie meglio ancora delle montagne.

Molti fiumi, dopo avere per qualche tratto seguita la direzione degli strati (v. pag. 135), cangiano la loro via non secondo una gran curva, ma piegandosi bruscamente ad angolo retto, come fanno, per esempio, il Rodano a Martigny, l'Aar presso Brugg, il Reno nelle vicinanze di Coira e l'Inn non molto lungi da Kufstein.

Ma perchè i fiumi, dopo aver mantenuta una direzione lungo l'asse principale sino a certa distanza, si cacciano spesso in valli oblique? Di solito, ciò si spiega adducendo il fatto che correnti trasversali, retrocedendo, hanno in tal modo catturata la valle longitudinale. Senza dùbbio ciò è vero in alcuni casi, ma, a parer mio, non può essere accettato generalmente. Il Prof. Bonney [1] richiamò l'attenzione su questa tendenza dei fiumi nella sua seconda lettura sul « Growth and Sculpture of the Alps ».

« Considerando, egli dice, la disposizione generale delle rocce che costituiscono la catena alpina, noi scorgiamo, che, oltre le lunghe pieghe curve che determinano la generale direzione delle giogaie che la compongono, esse danno indizio di un piegamento trasversale ». Egli suggerisce tre spiegazioni possibili: 1ª che le Alpi sieno la conseguenza di una serie di movimenti

[1] *Alpine Journal*, Nov. 1888.

indipendenti, non simultanei; 2ª che la catena fosse determinata nel suo contorno generale da una serie di urti procedenti verso l'esterno dal bacino della pianura settentrionale d'Italia, e poscia si piegasse trasversalmente per una nuova sequela di urti che agirono ad angoli retti secondo una linea N. N. E.; 3ª che i disturbi trasversali sieno i più antichi, e che il piano sul quale furono depositati i depositi secondari, fosse già stato disposto in pieghe parallele.

Egli adotta la terza ipotesi, e considera che le rughe trasversali furono forse Triasiche, « probabilmente post-Carbonifere », e perciò molto più antiche delle principali pieghe longitudinali. « Pertanto, egli continua, quantunque io inclini per questo modo di vedere, la questione è tanto complicata che io non mi sento giustificato nell'esprimere un' opinione decisa, e piuttosto rigetto l'idea, nel pensiero che si possa supporre che io ne solleciti l'accettazione. Dirò solamente, che mi sembra impossibile spiegare l'attuale struttura delle Alpi mediante una semplice serie continua di movimenti della terra ».

L'esistenza di questi due sistemi ad angoli retti fra loro non è per nulla particolare alla Svizzera, poichè essa è ben distinta nella Scozia e si presenta in altre regioni montuose. In tali circostanze io ho arrischiato di fare il seguente suggerimento [1]. Se il sollevamento delle montagne svizzere è dovuto al raffreddamento e a contrazione che porti abbassamento, come indicava a pagina 49, è manifesto (quantunque per quel che io sappia, ciò non sia stato finora additato) che la compressione ed il successivo piegamento degli strati (fig. 43) non

[1] *Beauties of Nature.*

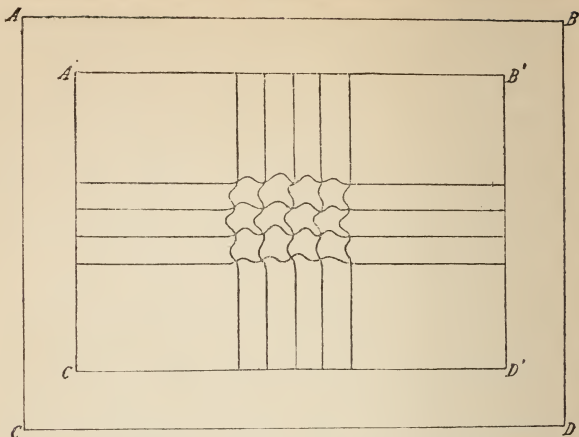



Fig. 43. Diagramma per illustrare la struttura delle montagne.

sarebbero soltanto nella direzione di *A B*, ma pure ad angoli retti con essa, nella direzione *A C*; sebbene il valore del piegamento possa essere molto più grande in una direzione che nell'altra. Così, nel caso della Svizzera, essendo le pieghe principali in direzione S. W. e N. E., le sussidiarie sarebbero a N. W. e S. E.

Ne segue, se queste considerazioni sono giuste, che, sebbene le principali valli della Svizzera sieno state immensamente approfondite ed ampliate dai fiumi, la loro direzione primitiva fu determinata da cause tettoniche.

Di più, esse indicano perchè le lunghe valli non sono più continue, ma formano una serie di rialti somigliantisi, ma distaccati. Inoltre, anche quando una valle è continua per molte miglia, è interrotta qua e là da pieghe trasversali.

Sembra, quindi, che queste considerazioni spieghino le due principali direzioni delle valli svizzere [1].

---

[2] L'esistenza di due serie di pieghe ad angoli retti fra

In molti casi la posizione delle valli trasversali è spiegata mediante quella di tali sinclinali trasversali. La posizione, per esempio, della valle trasversale del Rodano fra Martigny e il Lago di Ginevra, e della Lutschine tra Lauterbrunnen e Interlaken furono, secondo me, determinate dall'esistenza di simili sinclinali trasversali.

CIRCHI.

In alcuni casi le valli finiscono in un ripido anfiteatro che è conosciuto col nome di « Circo ».

I circhi sono caratteristici dei distretti calcarei e si presentano specialmente dove uno strato permeabile riposa sopra un sostrato impermeabile. In tali condizioni ha origine, nella linea di contatto, una sorgente, spesso intermittente, che a poco a poco erode lo strato superiore. In seguito si forma una incassatura semicircolare che, gradatamente, diventerà ellittica e col tempo più o meno allungata, ma sempre conservando un ripido declivio terminale. Nel Giura, i circhi sono numerosi ed, in molti casi, un letto marnoso fa da strato impermeabile.

Il « Creux du Vent » e il Circo di San Sulpizio sono due esempi fra i più belli.

TERRAZZI.

A parità di condizioni, quanto più dure saranno le rocce sui fianchi delle valli, tanto più essi saranno in-

---

loro non è per nulla confinata nella Svizzera, ma si presenta in molte altre regioni montuose. Essa è molto spiccata nella Scozia, dove probabilmente è dovuta alla stessa causa.

clinati. Ed invero, rocce molto dure sono spesso quasi perpendicolari o lo sono interamente per alcuni tratti. Il pendio può essere uniforme nei casi in cui gli strati sono simili e di grande spessore, come, ad esempio, nella valle della Reuss, presso Amsteg, dove il Bristenstoch forma una gran piramide di roccia cristallina, ovvero quando il pendio coincide con l'inclinazione degli strati come nella valle di Lanterbrunnen, dove il fianco destro presenta immensi strati di roccia giurese. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, alcuni strati lungo un fianco della valle sono più duri degli altri e per conseguenza si ha una serie di terrazzi; indicando i pendii più leggieri, gli strati più morbidi, ed i più ripidi quelli più duri.

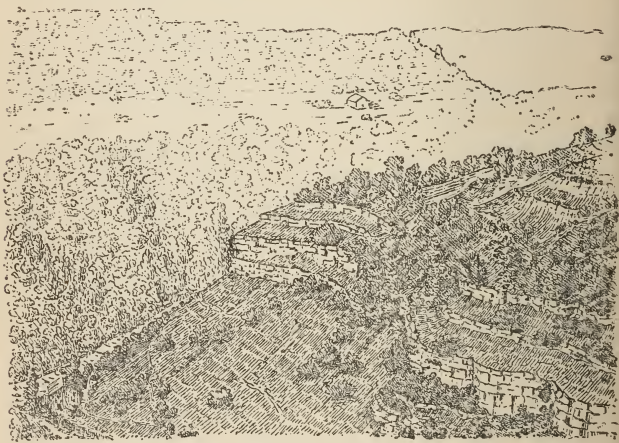



Fig. 44. Terrazzi dovuti alla degradazione meteorica nella valle della Bienna (Giura).

La figura 44 mostra alcuni terrazzi nella valle della Bienna (Giura), dovuti alla presenza di duri strati calcarei.

Questi terrazzi dovuti alla degradazione meteorica non devono esser confusi con quelli prodotti dall'azione dei fiumi (fig. 54, 55) che saranno descritti nel prossimo capitolo. I terrazzi formati dai fiumi non hanno relazione con la roccia e seguono la pendenza del fiume, mentre quelli dovuti alla degradazione meteorica seguono le linee degli strati. Tale considerazione spande luce sopra i casi in cui una valle di fiume si dilata e si contrae forse parecchie volte di seguito.

Fig. 45. Sezione che mostra terrazzi
dovuti alla degradazione meteorica sul fianco destro dell'Oserain (Côte d'Or)
a, Lias Inferiore; *c*, Lias Superiore; *h*, *d*, Strati Calcarei.

Spesso, ascendendo un fiume, dopo aver passato lungo un piano relativamente eguale, ci troviamo in una stretta gola, giù per la quale l'acqua precipita come torrente impetuoso, ma alla sommità di essa esiste, a nostra sorpresa, un'altra vasta distesa. Questo è il caso specialmente dei fiumi che corrono in una valle trasversale, cioè in una valle giacente ad angoli retti con la direzione degli strati (tale, ad esempio, quella della Reuss). L'acqua agisce con effetto maggiore o minore secondo le roccie che attraversa, le quali in molti casi hanno diversa durezza, e perciò, naturalmente, riduce gli strati più teneri con maggiore rapidità che non quelli più duri: ciascun rialto, quindi, di roccia più dura formerà un ostacolo e darà origine ad una rapida o ad una cataratta. In simili casi, ogni sezione del fiume ha per qualche tempo un « regime » suo proprio.

Supponiamo, per esempio, un fiume *a b* (fig. 46) che corre attraversando la direzione di parecchi strati

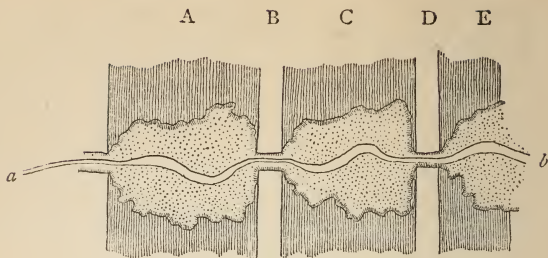



Fig. 46. Diagramma del corso di un fiume attraverso strati teneri e duri.

di durezza differente: *A*, *C*, *E* sieno gli strati teneri e *B*, *D* quelli tenaci o duri. In tal caso la valle si allargherà in *A*, *C*, *E*. Parlando in generale, si può dire che la profondità della valle è dovuta principalmente all'erosione del fiume e l'ampiezza dipende dalla degradazione atmosferica. Così, la valle di Urseren sul San Gottardo, le vaste distese di valle a Liddes a Chable sulla Dransa (Vallese) sono dovute alla più facile disgregazione degli strati Carboniferi e Giuresi. D'altra parte, la profondità della valle tenderà a raggiungere un « regime » regolare (fig. 47) ed in qualche caso deve seguire il suo corso normale, ma l'ampiezza dipenderà dalla maggiore o minore prontezza degli strati a distruggersi. Nondimeno, anche le rocce più dure, dopo un certo tempo, finiscono per cedere, in guisa che l'inclinazione dei fianchi sarà soggetta alla durezza delle rocce ed all'età della valle. A parità di condizioni, quanto più antica è la valle, più leggera sarà la pendenza dei fianchi.

I tratti piani di valle si possono formare o per l'azione dei fiumi ovvero in un lago, e l'aspetto della superficie è lo stesso in ciascun caso. Però la struttura interna, come mostra una sezione, è molto differente.

Una pianura fluviale si presenta con massi irregolari e lenticolari di ghiaie e sabbia, mentre una corrente che finisce in un lago deposita un limo sottile in strati leggermente inclinati, che appena giunti al pelo dell'acqua, rotolando in basso, la ghiaia più grossolana acquistano un pendio più scosceso.

Le grandi valli svizzere sono immensamente antiche, le principali furono coeve con le montagne e rimontano alla formazione delle stesse Alpi. Invero, molte furono più profonde nelle epoche glaciali, essendo state in gran parte riempite dai depositi glaciali.

Penck stabilisce che le valli longitudinali sono generalmente più antiche delle trasversali; invece a me sembra che, d'ordinario, esse abbiano avuto principio nel medesimo tempo. Senza dubbio, però, vi furono molte eccezioni. La Dransa fu, probabilmente, un fiume più antico del Rodano Superiore; il Reno, sotto Basilea, scorre in una depressione relativamente recente. Per altro, il maggior numero delle valli superiori della Svizzera deve rimontare al Miocene e qualcuna anche all' Eocene, quando rapidi fiumi asportavano immense quantità di ghiaia dai declivi delle Alpi che si sollevavano lentamente.

CAPITOLO VII

AZIONE DEI FIUMI.

Quantunque il sollevamento delle Alpi Svizzere sia il risultato di cause geologiche, la configurazione attuale della superficie è dovuta in ispecial modo alla erosione e alla denudazione. È, invero, impossibile comprendere la geografia fisica di qualunque regione senza la conoscenza dell'azione dell'acqua e specialmente dei fiumi.

La velocità di una corrente dipende in parte dalla inclinazione del suo alveo e in parte dal volume dell'acqua: se quindi si consideri un vecchio fiume che abbia

Fig. 47. Pendenza definitiva di un fiume.

passato il tempestoso periodo del suo inizio, ed abbia stabilito il suo corso attraverso gli ostacoli della sua età di mezzo, di guisa che le acque corrano con rapidità press'a poco uguale, si troverà che la pendenza diminuisce dalla sorgente al mare, ovvero al lago in cui sbocca, seguendo presso a poco una curva, come nella fig. 47.

Si dice che un tal fiume ha raggiunto il suo « re-

gime », e questa è la meta alla quale tutti i fiumi procurano di arrivare.

Il corso di un fiume può dividersi in tre stadi che possono ripetersi parecchie volte; il che accade spesso.

1) Stadio di scavamento e d'ampliamento (torrente).

2) Stadio d'ampliamento e di livellamento (fiume propriamente detto).

3) Stadio di riempimento (delta).

Ciascuna parte di un fiume che si trovi nel secondo stadio è passata attraverso il primo, come ognuna che sia nel terzo stadio ha attraversato gli altri due.

Nel Vallese, il Ghiacciaio Superiore è una valle nel secondo stadio, mentre la cascata del ghiaccio è nel primo; il piano che si stende dal piede della cascata fino all'Hôtel è nel secondo, mentre dall'Hôtel fin presso Oberwald è una valle nel primo stadio; da Oberwald fin presso Niederwald è nel secondo stadio, mentre da Niederwald quasi fin oltre Viesch è nel primo: infine, sopra Briga è nel secondo, e da San Maurizio a Villeneuve si trova nel terzo stadio.

PRIMO STADIO.

Nella prima fase il fiume ha un eccesso di forza e può chiamarsi torrente. Esso si affonda sempre più nella sua valle e trasporta il fango e le pietre ad un livello più basso. I fianchi sono scoscesi tanto quanto può permetterlo la natura del materiale, e la valle assume la forma di **V** con un fondo piano — quando esista — assai meschino. Inoltre, l'acqua rode continuamente nei terreni superiori, in guisa che il carattere della valle dipende in gran parte da quello degli strati, presentandosi più stretta dove questi sono duri e tenaci e facendosi più

ampia dove, per essere più teneri, si sgretolano più facilmente nell'acqua o sotto le azioni meteoriche.

Infatti, in parecchi casi, i fiumi svizzeri corrono in gole molto profonde, talvolta molto strette ed, in alcuni luoghi, anche con pareti a picco. La via Mala, che dalle verdi praterie di Schams (Sexamniensis, per i suoi sei ruscelli) conduce a Thusis, è lunga circa cinque miglia, ha una profondità di quasi 500 metri, ma è molto stretta, non raggiungendo in qualche punto una larghezza di 9 o 15 metri.

Le gole dell'Aar, del Görner, della Tamina a Pfäffers, del Trient presentano caratteri somiglianti. Dapprima si suppose che fossero spaccature dovute a sollevamento; però nessuna di esse offre traccia di frattura, mentre in alcuni luoghi è possibile scoprire gl' indizi dell'acqua dalla base alla sommità, e non può quindi esservi dubbio che non sieno state tagliate dai fiumi.

In certi casi le prove sono decisive. Alcune di queste gole, talvolta, sono lasciate interamente all'asciutto, ed allora è facile scorgere che la roccia è continua in ambo i lati. Le gallerie sulla linea del San Gottardo non passano meno di sei volte sotto la Reuss, e non vi è traccia di un salto.

Io credo che ora si possa dire completamente abbandonata la teoria, la quale attribuisce queste gole a spaccature delle rocce.

Naturalmente, però, si danno dei casi in cui le direzioni delle correnti sono state determinate da linee di salto o di frattura.

SECONDO STADIO.

Il secondo stadio comincia dove l'inclinazione diventa così leggiera che il fiume trasporta con difficoltà i materiali sciolti e trascinati dalle regioni superiori o caduti dai lati, ed allora li spande per la valle dove vaga qua e là, ampliandola sempre più. Perciò tali fiumi, a meno che non sieno confinati tra argini artificiali, cangiano continuamente il loro corso, mantenendosi tuttavia entro i limiti della medesima valle.

Inoltre, la larghezza di questa dipende dalla età, dalla grandezza del fiume e dal carattere della roccia. Se immaginiamo un fiume che si svolga per una superficie regolarmente inclinata, secondo una linea più o meno retta, qualunque ineguaglianza od ostacolo, ovvero l'imbocco d'una corrente laterale, trasporterà l'acqua da una parte, ed una volta che fosse deviata, essa continuerebbe nella nuova direzione fino a che la forza di gravità, che trascina l'acqua verso il basso in direzione rettilinea, eguagli quella che tende a deviarne il corso. Per conseguenza, i raggi delle curve seguiranno una regolare legge di curvatura, dipendente dal volume dell'acqua e dall'angolo d'inclinazione del letto. Se la pendenza è di tre metri per miglio ed il terreno omo-

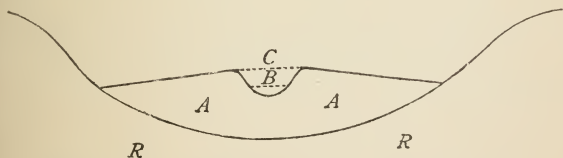



Fig. 48. Sezione diagrammatica di una Valle (ingrandita).
RR, Base rocciosa della valle;
AA, strati sedimentari; *B*, livello ordinario del fiume; *C*, Livello d'inondazione.

geneo, le curve sono tanto estese che il corso appare quasi diritto. Secondo Fergusson, con una pendenza di un piede per miglio, la lunghezza della curva corrisponde a circa sei volte la larghezza del fiume, di modo che un fiume largo mille piedi oscillerebbe una volta in 6000 piedi.

Questa è una considerazione importante, e molto lavoro si è perduto per cercare di prevenire i fiumi dal seguire le loro leggi naturali di oscillazione. Ma i fiumi sono molto fedeli alle proprie leggi, ed un cangiamento in qualunque parte, si continua verso l'alto e verso il basso, in guisa che una nuova oscillazione, in un luogo qualunque, si fa strada per l'intero piano del fiume, sopra e sotto. Quando il fiume non ha una pendenza sufficiente per trasportare lontano i materiali, a poco a poco innalza il suo letto (fig. 48): per conseguenza nella parte inferiore del loro corso, molti tra i fiumi più celebri — Po, Nilo, Mississipì, Tamigi, ecc. — corrono tra argini che in parte hanno formato essi stessi.

Il Reno, il più pericoloso fra tutti i fiumi dell'Apennino, è alto, in alcuni punti, più di 9 metri circa sul paese circostante, e qualora non intervenga l'opera dell'uomo, i fiumi in tali condizioni presto o tardi soverchiano le sponde, e, lasciando l'alveo primitivo, prendono una nuova direzione lungo la parte più bassa della valle, che, in seguito, sollevano a poco a poco.

Da Visp fino al Lago di Ginevra, spesso, lungo un lato e talvolta sui due lati della valle del Rodano, si trova una palude, l'esistenza della quale può essere così spiegata.

TERZO STADIO.

Quando l'inclinazione diventa troppo piccola, la corrente non può trasportare più oltre le pietre e il fango, ed allora spande i materiali a guisa di ventaglio, dando origine ad un cono o delta più o meno unito; un cono se aereo, un delta se sotto l'acqua: e quanto maggiore è il volume d'acqua, tanto più leggiero ne sarà il pendio, che diventa quasi impercettibile nei grandi fiumi. In questa parte del suo corso, il fiume, invece di serpeggiare, tende a dividersi in parecchi rami.

Spesso si parla di coni e di delta come se fossero identici. Invero, per la superficie e pel declivio si rassomigliano, ma la struttura di un delta formato sotto l'acqua, non è in alcun modo la stessa di quella di un cono che si forma sopra di essa.

Generalmente i delta hanno una inclinazione poco sensibile, per quanto riguarda la superficie; però gli strati inferiori sono inclinati maggiormente.

I laghi svizzeri sono, nel maggior numero, riempiti gradatamente dai depositi dei fiumi.

Il lago di Ginevra si estendeva una volta lontano, per la valle del Rodano fino a San Maurizio, se non fino a Briga. Esso presenta pure un delta molto tipico all'imbocco della Dransa, presso Thonon. Tra Vevey e Villeneuve, parecchi di tali promontori indicano il luogo dove una corrente si versa nel lago.

Venendo frenata la rapidità della corrente per lo sbocco di torrenti laterali in una valle principale, il loro potere di trasporto viene a diminuire e così hanno origine i « coni di fiumi ».

Quando dal lato opposto della valle si guardi una

corrente laterale col suo cono terminale, esso presenta l'apparenza indicata dalla figura 49, ovvero, se si

Fig. 49. Diagramma di una valle alpina, con un Cono di fiume. Vista di fronte.

guardi giù per la valle, esso ha l'aspetto come nella figura 50, venendo spesso il fiume trascinato sopra un fianco della valle principale. Tale è, per esempio, il

caso nel Vallese, presso Sion, dove il Rodano (fig. 51) è distolto dal suo corso per opera del cono prodotto

Fig. 50. Diagramma di una valle alpina, con un Cono di fiume. Vista da un lato.

dal fiume Borgna, intorno al quale essa forma una curva.

I coni di fiume sono, in molti casi, caratterizzati

dall'aspetto della vegetazione. « I Pini godono in particolar modo del suolo pietroso, e vi sono adunati in gran numero, ma gli Ontani diffidano di esso, e solo presso i limiti estremi formano una processione trionfale intorno agli orli, seguendone la linea convessa » (1).

La grandezza di questi coni di fiume dipende dalla quantità e dal carattere dei materiali trascinati nella

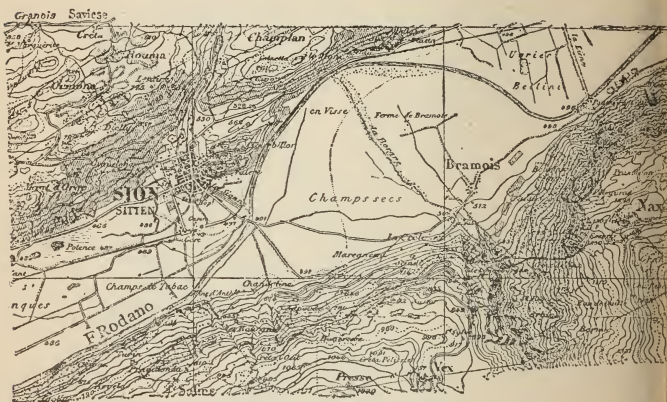



Fig. 51. Carta della confluenza del Rodano e della Borgna.

valle principale e dal potere del fiume di portarli via. Il taglio delle foreste, per esempio, in una valle laterale, aumenterà considerevolmente il potere erosivo della corrente e l'accumularsi dei materiali trascinati in basso. Le rocce che con facilità cedono all'azione meteorica e all'acqua, forniranno naturalmente la maggior quantità del materiale e dànno origine ai coni più grandi, specialmente se si formano di ciottoli duri. D'altra parte

(1) Ruskin, *Modern Painters*, vol. IV.

il Flysch, che d'ordinario esercita poca resistenza, non produce coni così importanti come potrebbe aspettarsi, poichè esso si disgrega in piccole particelle che facilmente vengono asportate. La Dolomia cavernosa, invece, dà luogo a coni grandi, perchè si dissolve più prontamente, ma in pezzi duri.

Questi coni innalzano talvolta il letto della valle e respingono indietro l'acqua, cagionando così il formarsi di qualche tratto paludoso ed insalubre.

Fig. 52. Sistema fluviale della Garonna.

Così, nel Vallese Superiore, sotto Oberwald, fra una serie di coni che si succedono l'uno dopo l'altro, si trova interposto un suolo più o meno paludoso. A Münster vi è un bel cono, e più oltre in giù, ad intervalli, ve ne sono parecchi altri. I due più grandi sono quelli dell'Illgraben a Leuk, e del Chamoson all'imbocco della Losentze, i quali innalzano di parecchi piedi il letto della valle. Quello della Borgna (fig. 51), presso Sion, respinge il fiume al piede della montagna opposta.

Infine, quando il fiume ha regolato la sua pendenza in modo da non approfondire l'alveo nella parte superiore del suo corso, nè da depositare materiali, si dice che esso ha raggiunto il suo regime (fig. 47), ed in tal caso la velocità è uniforme.

Tuttavia, avvicinandosi al mare, l'allargamento dell'alveo di un fiume non è in proporzione con l'aumentare delle sue acque. A parità di condizioni, un fiume che aumenta in volume, aumenta di velocità; perciò il regime sarebbe distrutto, ed il fiume comincerebbe di nuovo a rodere il suo letto. In conseguenza, se i fiumi si allargano, come, per esempio, avviene a causa di un aumento nel territorio, la pendenza diminuisce.

La figura 52 dà uno schizzo, e la figura 53 rappresenta i profili dei principali fiumi nella valle della Ga-

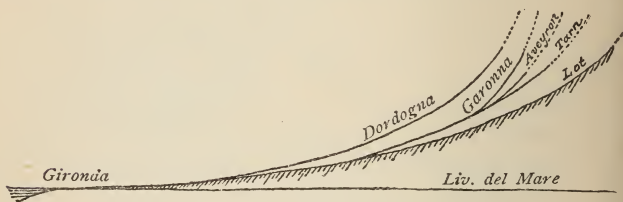



Fig. 53. Pendenze della Garonna e dei suoi affluenti principali.

ronna, e si può osservare che quanto più grande è il fiume, più leggiera ne è la pendenza.

Attualmente, molti dei più piccoli fiumi svizzeri rodono i loro coni e procurano di spianarli, a motivo, forse, del graduato allargarsi dell'area di deiezione.

Questi coni sono siti favorevoli per villaggi, i quali in tal modo sono elevati e posti al disopra della sfera delle innondazioni ordinarie. Inoltre, i materiali sciolti della porzione superiore del cono assorbono liberamente l'acqua nella parte alta, e la filtrano. In basso, poi, essa emerge in chiare sorgenti, e così hanno origine molte fontane in villaggi di tal genere.

Ora, se supponiamo che la forza di un fiume venga accresciuta o per una nuova elevazione, o per la rimozione locale di una barriera, ovvero a causa di un au-

mento in volume dovuto ad un'aggiunta di territorio, o per una maggior quantità di pioggia, esso riprenderà ad erodere il suo alveo, approfondendo la valle e dando origine ad una rapida, la quale si trascinerà a poco a poco su per la valle, indietreggiando naturalmente con

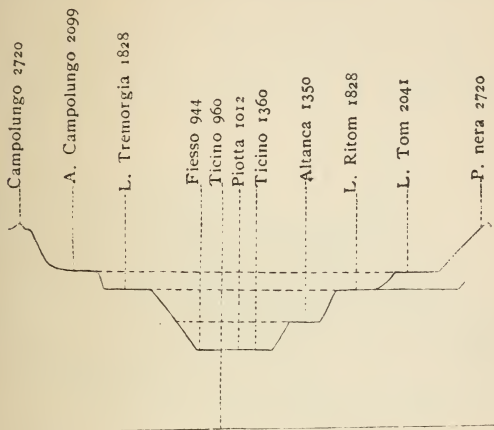



Fig. 54. Sezione attraverso la valle del Ticino.
A sinistra, dal Ticino a Campolungo: a destra, da Altanca a P. Nera.

maggiore rapidità dove gli strati sono teneri, e rimanendo più a lungo su qualche rialzo di roccia dura.

L'antico piano della valle formerà un terrazzo più o meno continuo sopra il nuovo corso. Nel maggior numero delle valli si possono vedere tali antichi terrazzi formati da fiumi; invero, spesse volte sono parecchi l'uno sopra l'altro; i superiori generalmente sono tagliati nella roccia e gl'inferiori nei depositi fluviali o nei detriti caduti.

Talvolta si è supposto che questi terrazzi indicassero un volume maggiore di acqua in tempi antichi, sufficiente a colmare tutta la valle a quella profondità;

però bisogna ricordare, che il terrazzo si formò prima che avvenisse lo scavamento della parte inferiore della valle.

La figura 54 rappresenta una sezione attraverso la valle del Ticino, a breve distanza sotto Airolo. Essa mostra due alti terrazzi sui quali sono rispettivamente situati i laghi Tom e Ritom, che corrispondono a quelli di Campolungo e di Tremorgia, sull'altro lato (ovest) della valle. Sotto di essi, all'altezza di 1350 m., sopra

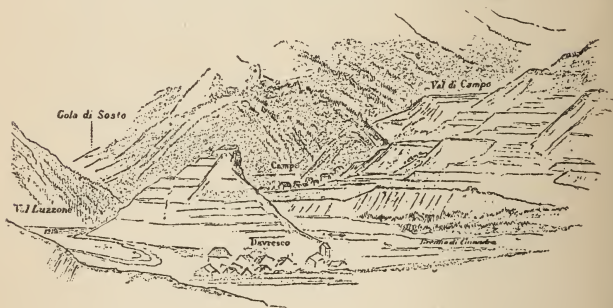



Fig. 55. Terrazzi di fiume in Val Camadra.

un altro terrazzo sta Altanca. Questo terrazzo può esser seguito per qualche tratto e sostiene una serie di villaggi : Altanca, Ronco, Beggio, Catto, Osco, ecc. Nella valle del Ticino, sull'attuale letto del fiume, o almeno a poca altezza, vi è un'altra serie di città più importanti, ma in altri casi, come, per esempio, lungo il Plessur che sbocca nel Reno a Coira, il presente alveo del fiume è affatto stretto, ed i villaggi sono sopra un antico terrazzo, elevato sopra il livello dell'acqua.

La figura 55 rappresenta un gruppo di terrazzi di fiume, in Val Camadra.

In ogni sistema di fiumi i terrazzi occupano livelli

corrispondenti, ma in sistemi diversi essi non hanno rapporti fra loro. Essi forniscono, come vedremo nel prossimo capitolo, una valida prova per la storia antica dei fiumi.

Finora io ho considerato che il fiume approfondisca il suo alveo in direzione verticale, ma non è sempre così. Se gli strati sono inclinati, l'azione dell'acqua tenderà a seguire lo strato più morbido, come, per esempio, nel diagramma della figura 56, in cui *A* rappresenta una

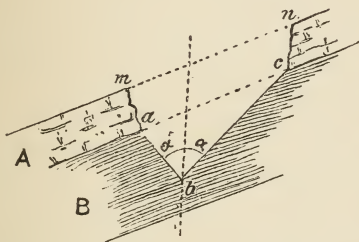



Fig. 56. Diagramma d'una Valle di fiume.

roccia calcarea più dura, soprastante ad uno strato *B*, più tenero.

Il valore enorme dell'erosione e della denudazione avvenuta può essere calcolato dal fatto che i terrazzi possono, in alcuni casi, rintracciarsi anche ad un'altezza di 3000 metri sopra il letto presente del fiume.

Avvicinandoci al loro inizio, le valli diventano sempre più scoscese. In alcuni casi e specialmente nei distretti calcarei, esse finiscono a precipizio in un « Circo » più o meno a semicerchio. Le sorgenti che hanno origine al piede di tali pareti a picco, sono conosciute col nome di Valchiusine, dall'esempio celebre e tipico di Valchiusa.

Un altro punto interessante, rivelato dallo studio

dei fiumi svizzeri — e che riguarda precisamente la geologia — è che quantunque vi sieno stati senza dubbio tremendi cataclismi, tuttavia i principali cangiamenti sono dovuti all'azione continua di cause esistenti; così pure nel caso dei fiumi, per quanto importanti gli effetti prodotti e dovuti alle inondazioni, la configurazione delle valli fluviali è dovuta grandemente al flusso costante e regolare dell'acqua.

Le inondazioni si possono classificare in due gruppi. Il primo comprende quelle che hanno origine dalla rottura di qualche serbatoio superiore: tale, per esempio, la grande inondazione della Dransa di Bagnes nel 1818, la quale fu prodotta dallo straripamento del lago rimasto sbarrato dal ghiacciaio di Giétroz; o la più recente inondazione di Saint Gervais, causata dal rompersi di un serbatoio sub-glaciale nel piccolo ghiacciaio di Tête Rousse, donde le acque precipitarono giù per la valle nel cuore della notte, spazzando via i Bagni in pochi minuti e facendo perire annegata la maggior parte dei visitatori.

Il secondo gruppo abbraccia quelle dovute a grandi piogge.

Chiunque viaggi molto per la Svizzera, osserva le grandi precauzioni prese per confinare i fiumi entro certi limiti. Infatti, quello che si chiama alveo di un fiume, è piuttosto un canale di acqua a basso livello, e l'intero fondo della valle, senza queste precauzioni, sarebbe coperto durante qualche inondazione considerevole. L'Egitto stesso è l'alveo del Nilo durante l'inondazione d'autunno.

MARMITTE DEI GIGANTI.

Queste Marmitte sono cavità più o meno circolari, spesso assai elevate nel centro. Talvolta raggiungono una grandezza considerevole — più di otto metri di diametro per cinque di profondità.

A Lucerna se ne osserva un gruppo molto bello, che è conosciuto col nome di « Giardino del Ghiacciaio ». Esse sono state scavate nella roccia da massi di pietra più dura, a cui l'azione dell'acqua imprimeva un movimento vorticoso. Senza dubbio, alcune — e certamente quelle di Lucerna — si formarono sotto i ghiacciai e forse al piede di un « mulino », ma, io credo, che, in generale, si sieno formate per opera di acque correnti (1).

Recentemente al Maloia se ne sono scoperte parecchie, e belli esempi s'incontrano presso Servoz, nella valle dell'Arve. Rénévier addita che in alcuni dei fiumi attuali si possono vedere tali Marmitte in processo di formazione, come, ad esempio, presso la confluenza del Rodano e della Vallorsina, sotto Ginevra. Queste, per altro, si distruggeranno, se continua l'erosione. Si è talora manifestata la sorpresa che le Marmitte dei Giganti si presentino dove ora non si trovano corsi d'acqua; ma è appunto a questo fatto che esse devono la loro esistenza, poichè se il fiume non avesse cangiato il suo corso, si sarebbero distrutte da lungo tempo (2).

---

(1) Favre, *Rech. Géol.* vol. i.

(2) In Italia è noto il pozzo glaciale « Stoppani », conosciuto col nome di Buca della Maria matta, a Vezzano. Un'altra Marmitta dei Giganti « modello » è citata dallo Stoppani

Prima di chiudere questo capitolo, io devo dire poche parole intorno alle correnti sotterranee, le quali si incontrano principalmente in rocce porose; tali, quelle del Giura. Il più degno di nota fra questi fiumi parzialmente sotterranei è l'Orba, che, originando dal piccolo lago francese « Les Rousses », ne attraversa due altri, il lago di Joux e quello di Brenet, in territorio svizzero, e poscia, ad un tratto, sparisce nel suolo, al piede di un'alta rupe, per riapparire presso Vallorbers, ad una distanza di tre chilometri.

Riassumendo questo capitolo, possiamo dire che non appena un tratto di terra sorse dal mare, la pioggia che cadde alla superficie, grondando in mille ruscelletti, formò stagni qua e là, e a poco a poco si raccolse in correnti sempre più grandi. Sempre che la pendenza fu sufficiente, l'acqua cominciò ad erodere nel suolo, trasportandone i detriti al mare, e naturalmente tale azione erosiva fu più o meno rapida, a seconda della inclinazione e della durezza del terreno. Il carattere della valle dipenderà quindi in gran parte dalla natura degli strati, risultando stretta dove essi sono duri e tenaci, e più larga, invece, dove sono morbidi, in guisa da disgregarsi prontamente nell'acqua, ovvero dove essi facilmente sono suddivisi dalle azioni atmosferiche. A poco a poco il fiume eroderà nel suo alveo fino a che abbia raggiunto una certa pendenza, la cui ripidezza dipenderà

---

in Valle d'Aosta, risalendo la valle, sotto il forte di Bard, e precisamente nella parete granitica che fiancheggia la strada. Se ne scoprirono ancora nelle vicinanze di Riva di Trento, sullo sprone montagnoso che sorge tra la Sarca e il forte di Napo, delle quali alcune colossali e davvero stupende. Parecchie altre si osservano nelle vicinanze di Rivoli ed altrove (Ann. Soc. Alp. Trid. 1880 - *n. d. t.*).

dal volume dell'acqua. L'azione erosiva poscia cesserà, ma continuerà la degradazione meteorica sui lati, e l'ampliamento che ne è conseguenza. Il fiume vagherà quindi da una parte all'altra della valle, spandendo i materiali, e dando luogo ad una pianura fluviale. Infine, diminuendo ulteriormente la rapidità, dopo non molto verrà a mancare il potere sufficiente a trascinare i materiali, ed avrà luogo la formazione di un cono o d' un delta, mentre il fiume tenderà a ramificarsi, invece di vagare.

Quando noi osserviamo qualche grande valle di denudazione ed il fiume relativamente piccolo che la percorre, ci sembra quasi impossibile che un effetto tanto grande sia dovuto ad una causa tanto meschina. Nondimeno, si hanno tutte le gradazioni, dalla piccola frana staccata dall'ultimo rovescio di pioggia estiva, al grande Cañon del Colorado.

Noi dobbiamo considerare non solo il flusso dell'acqua, ma il lasso del tempo, e ricordare che le nostre valli di fiume sono l'opera di secoli.

Inoltre, anche senza domandare una maggiore quantità di pioggia nei tempi anteriori, bisogna por mente che ora noi consideriamo dei fiumi che hanno raggiunto o sono prossimi a raggiungere il loro equilibrio; essi sono relativamente costanti ed anche vecchi, cosicchè non possiamo proporzionare il loro effetto presente a quello che hanno prodotto, quando possedevano l'energia e l'impetuosità della gioventù.

Da questo punto di vista, è particolarmente interessante la posizione superiore di una valle di fiume. Essa è una miniatura bella e istruttiva. L'acqua forma una specie di rete a piccole maglie di piccolissimi ruscelli. Noi possiamo sorprendere, per così dire, il fiume al suo stesso cominciare; possiamo trovare ruscelletti e valli in ogni loro stadio, potendo un ciottolo di quarzo

deviare un piccolo corso d'acqua, come una montagna un gran fiume; troviamo sorgenti e torrenti, terrazzi di fiume e cascate, laghi e delta nello spazio di pochi metri quadrati, e sotto i nostri occhi passano dei cangiamenti che, sopra scala più vasta, richiederebbero migliaia di anni.

E se noi osserviamo un piccolo filo d'acqua che a poco a poco si gonfia in un piccolo ruscello, e di quando in quando unendosi ad altri, cresce sempre più in un gran torrente per diventare un fiume e finalmente un gran fiume, è impossibile non essere costretti a concludere che anche le più grandi valli devono principalmente la loro attuale configurazione all'azione della pioggia e dei fiumi, quantunque a prima vista possa apparire incredibile, e la loro origine possa talora riferirsi alla forma primitiva della superficie.

Nota. — In tutta l'Europa Occidentale un gran numero dei nomi di fiumi si raccoglie in tre gruppi.

Dall'antico Tedesco *Aha,* Celtico *Uisge,* Gaelico *Oich,* Latino *Aqua (Water),* raddolcito nel francese *Eau,* noi abbiamo l'Aa, l'Awe, l'Au, l'Avon, l'Aue, l'Ouse, l'Oise, la Grande Eau, l'Aubonne, l'Oich, l'Ock, l'Aach, l'Esk, l'Uisk, ecc.

Dal Celtico *Dwr* (Greco ὕδωρ), abbiamo l'Oder, l'Adour, la Thur, la Dora, il Douro, la Doire, la Durance, la Dranse, la Doveria, ecc.

Dal Celtico *Rhin* o *Rhedu,* scorrere (Greco ῥέω), abbiamo il Reno, il Rodano, la Reuss, il Rye, il Ray, il Raz, ecc.

I nomi Aa e Drance o Dranse sono così comuni nella Svizzera che è necessario specificarli con qualche ulteriore denominazione, come l'Aa di Engelberg, l'Aa di Alpnach, l'Aa di Milch, l'Aa di Hallwyl, l'Aa del Wäggithal, ecc.

La Drance che sbocca nel Lago di Ginevra, presso Thonon, è forse la Drance *per eccellenza*, ma nello stesso sistema fluviale vi è pure la Drance de Bagne, la Drance d' Entremont e la Drance de Ferret.

Nel caso del Reno (Rhine) vi è il Vorder Rhein (Reno anteriore), il Mittel Rhein (R. medio), l' Hinter Rhein (R. posteriore), l'Oberhalbstein Rhein, l'Averser Rhein, il Safien-Rhein [1], ecc.

---

[1] L' Hober Halbstein è la valle da Bivio a Tiefenkasten: il Reno di Avers è quello che corre nell'Alta Valle dell' Hinter Rhein (Grigioni); nellaVal Savien (Grigioni) corre la Rabiusa, affl. di des. del Reno anteriore.

n. d. t.

CAPITOLO VIII

DIREZIONE DEI FIUMI.

In un paese la direzione generale dei corsi dei fiumi è, in primo luogo, determinata dalla configurazione che la superficie presentava, quando diventò terraferma. La più piccola ineguaglianza modificherà la prima direzione dei corsi d'acqua, originandosi in tal modo dei canali che a poco a poco si faranno più profondi, e s' ingrandiranno.

Se noi immaginiamo un distretto elevato che abbia la forma regolare d'un ellissoide, i fiumi irraggeranno dalla sommità in tutte le direzioni. Il distretto dei Laghi nel nord dell' Inghilterra, il Plateau di Lannemezan nel sud della Francia, e l'arco di Ellsworth nelle Montagne Henry [1] ci offrono esempi approssimativi di tali condizioni. Tuttavia accade raramente che il caso sia così semplice, e le direzioni dei fiumi offrono molti problemi interessanti, la soluzione dei quali non è punto facile.

Come già menzionammo (v. ante, pag. 127), i fiumi della Svizzera seguono due linee principali ad angoli retti fra loro, cioè a S. W. dal N. E. ed a N. W da S. E. La prima segue la direzione degli strati, ma la

---

[1] V. Gilbert, *Geology of the Henry Mountains.*

spiegazione della seconda non è così semplice. Tuttavia la causa probabile che ha determinato le due principali direzioni dei fiumi svizzeri, è stata già suggerita (ant. pag. 132).

I fiumi svizzeri principali devono essere di grande antichità. Probabilmente alcuni corsi d'acqua, nelle parti orientali e centrali della Svizzera, incominciarono ai tempi dell'Eocene. Il Nagelflue fu portato giù dalle montagne per opera dei fiumi che probabilmente occupavano le porzioni superiori delle valli dell'Aar, della Reuss, ecc. Ma la elevazione definitiva delle Alpi nel Pliocene ed in tempi ancora più recenti, condusse necessariamente a considerevoli cangiamenti nelle direzioni dei fiumi svizzeri. Questi cangiamenti possono riferirsi a quattro cause principali.

1.ª I movimenti terrestri cangiarono in molti casi i corsi dei fiumi.

2.ª Ricordando che i corsi d'acqua retrocedono per l'erosione continua verso lo spartiacque che, in molti casi, attraversano completamente, se la valle, nella quale forzano in tal modo il loro passaggio, è ad un livello più alto, essi catturano le acque superiori.

3.ª Ammassi di depositi glaciali, in molti casi, determinarono deviazioni.

4.ª Ritirandosi lentamente verso nord il crinale delle Alpi, il sistema fluviale di tutti i distretti superiori ne resta modificato.

Nel gran piano della Svizzera il paese, al postutto, inclina verso il nord dalle Alpi, cosicchè la parte più bassa è quella lungo il piede del Giura. Perciò (figura 42) l'area principale di scolo corre lungo la linea che va da Yverdun a Neuchâtel, giù per il Zihl a Soletta, e poscia, lungo l'Aar, fino a Waldshut. L'Aar superiore, la Emme, la Wigger, la Suhr, la Wynen, la

Reuss Inferiore, la Sihl e la Limmat, oltre parecchi corsi d'acqua minori, dirigendosi approssimativamente paralleli fra loro a N. N. W. e ad angolo retto con l'asse principale di elevazione, raggiungono tutte l'Aar dal sud, mentre al nord, esso non riceve un tributario solo di qualche importanza.

D'altra parte, sul fianco meridionale delle Alpi, e per una ragione conforme, tutti i grandi affluenti del Po, la Dora Baltea, la Sesia, il Ticino, l'Olona, l'Adda, ecc., vengono dal nord e corrono al Po, a S. S. E. dall'asse di elevazione.

Invero, essendo il pendio generale dalla catena delle Alpi verso il nord, il maggior numero dei grandi affluenti dei fiumi che corrono in valli longitudinali, è diretto al sud, come, per esempio, quelli dell'Isère da Albertville a Grenoble, quelli del Rodano dalle sue sorgenti a Martigny, del Reno Anteriore dalla sua sorgente a Coira, dell'Inn da Landeck a Kufstein, dell'Enns dalla sua sorgente fin presso Admont, del Danubio dalla sorgente fino a Vienna, e, come testè menzionammo, quelli della valle da Yverdun fino a Waldshut. Perciò pure, ogni qual volta i fiumi svizzeri diretti ad est e ad ovest sbocchino in una valle trasversale, come fanno tutti i più grandi, ed alcuni più d'una volta, invariabilmente essi piegano a nord, se in principio corrono ad est o ad ovest.

Ma perchè il piano della Svizzera ha questa pendenza? Perchè esso è più basso lungo la muraglia del Giura? Per quanto è stato già indicato, questa parte della Svizzera anticamente fu un mare, colmato a poco a poco dai depositi dei fiumi. Essa è infatti un gran « cono », dovuto ai molti fiumi che venivano giù dalle Alpi nascenti. Stando così le cose, la pendenza generale è naturalmente verso il Giura, e la parte più bassa è quella che sta più lontana dalle Alpi.

Considerando il corso dei fiumi, bisogna ricordare che gli strati situati ad un livello inferiore non corrispondono sempre, in alcun modo, con quelli superiori. Perciò, accadrà talvolta, che i fiumi seguano un corso molto difficile a spiegare, poichè, nel fatto, esso non si riferisce alla presente configurazione della superficie, ma fu determinato dall'esistenza di strati che ora sono scomparsi. Accade spesso, per esempio, che i fiumi corrano

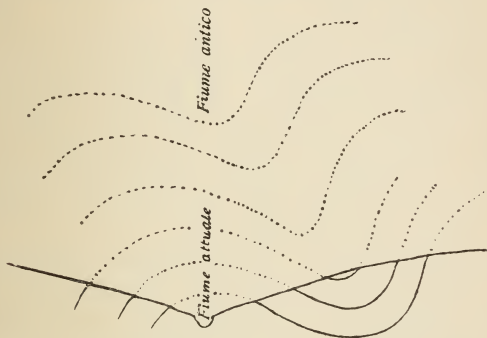



Fig. 57. Diagramma che illustra un fiume che attualmente corre in un'anticlinale.

ora apparentemente in un'anticlinale, e si ha una sinclinale da un lato (fig. 57). Tale è il caso del Reno, a Dissentis (v. fig. 135).

Nondimeno, essendo le pieghe inclinate, si scorgerà dalle linee punteggiate (fig. 57) che, quando il fiume cominciò il suo lavoro, forse scorreva nella sinclinale, ma, avendo aperta la sua via direttamente verso il basso, se ne trova ora a qualche distanza, e ne divergerà sempre più a mano a mano che procede l'erosione.

È un fatto notevole che le grandi pieghe non determinino sempre in nessun modo il versante, e che i fiumi, invece, spesso attraversino catene di monti.

Così l'Elba taglia dritto attraverso l'Erzgebirge, il Reno attraverso le montagne fra Bingen e Coblenza, il Potomac, il Susquehannah e il Delaware attraverso gli Allegani. Anche la catena dell'Himalaya, quantunque la più elevata del mondo, non è un versante, ma in parecchi punti è tagliata dai fiumi. Accenneremo più oltre il caso della Dransa. Negli esempi riferiti, probabilmente, i fiumi precedettero le montagne. Invero, non appena la terra si elevò sopra le acque, i fiumi cominciarono il loro lavorìo. In seguito, se ebbe luogo una piega, (a meno che il valore dell'elevazione eccedesse il potere dell'erosione) le due azioni procedettero simultaneamente, in guisa che in molti casi il fiume non ebbe a modificare il suo corso, ma, mentre la catena montuosa a poco a poco s'innalzava, la valle diveniva sempre più profonda.

In alcuni altri casi, quando si parla d'un fiume che ad un tratto cangia di direzione, sarebbe più esatto il dire che esso sbocca nella valle di un altro fiume. Così l'Aar, sotto Berna, invece di continuare nella stessa direzione lungo la larga valle, occupata ora soltanto dal piccolo Urtenenbach, e che sembra sia stata la sua via antica, piega bruscamente ad angolo retto, sboccando nella valle della Sarina, presso Oltigen.

Consideriamo il Rodano (fig. 58). Si è detto che esso volge ad angolo retto a Martigny, ma in realtà esso invade e fa sua la valle trasversale, che propriamente appartiene alla Dranse; poichè la Dranse è probabilmente un fiume più antico, ed ebbe l'attuale direzione anche prima dell'origine del Vallese. Ciò parrebbe indicare che la catena dell'Oberland non è antica quanto quella delle Alpi Pennine, e che la sua elevazione fu così graduale da permettere alla Dranse di aprirsi il passaggio nel mentre che essa si formava. Dopo il Lago

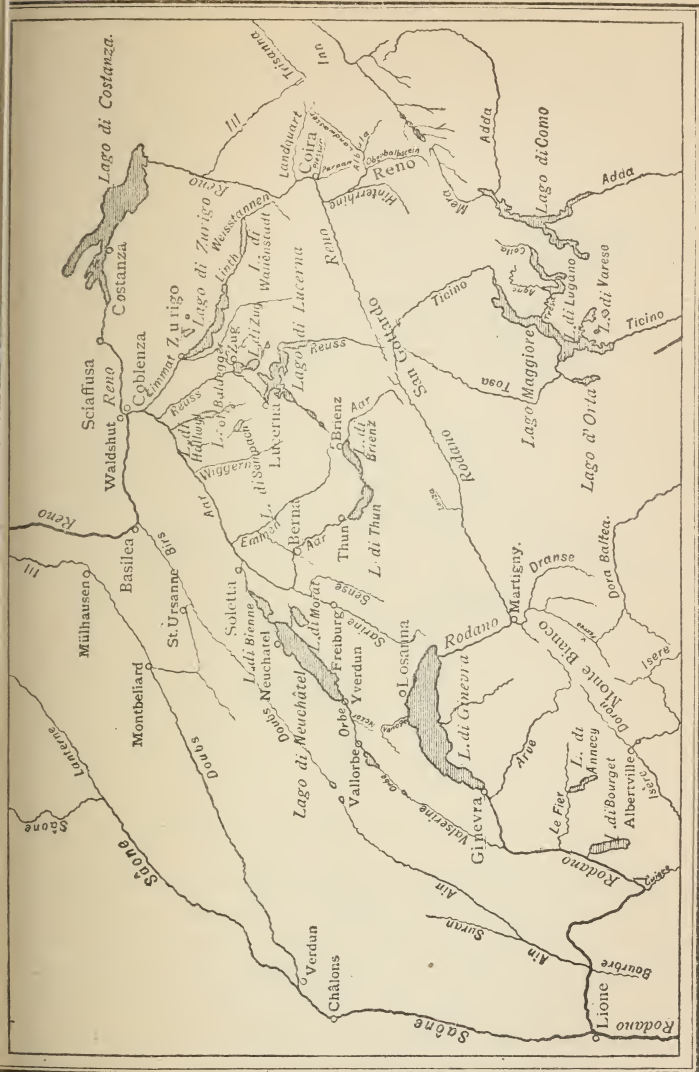



Fig. 58. Fiumi della Svizzera.

di Ginevra, il Rodano s'incurva a poco a poco verso il sud, finchè entra nella valle della Valserina e se ne appropria; poscia conquista l'altra che appartiene al piccolo fiume Guiers, e quindi, insieme con l'Ain, sbocca

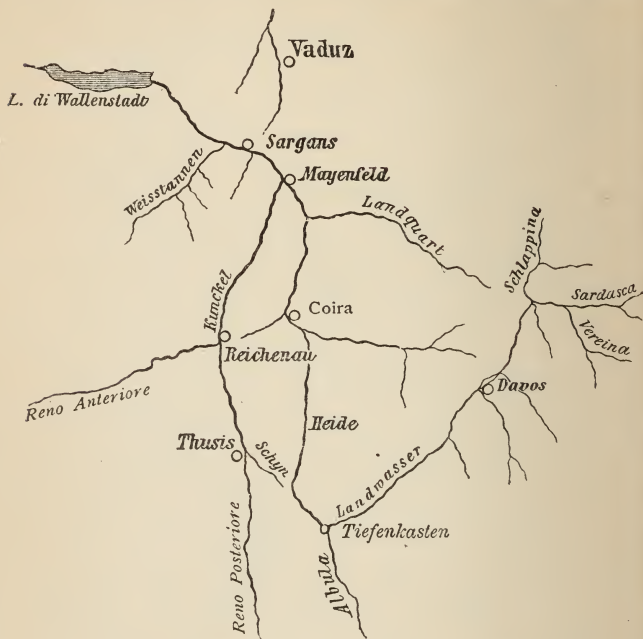



Fig. 59. Sistema fluviale intorno a Coira (attualmente).

finalmente nella Saona. Se queste valli fossero attribuite ai loro occupatori più antichi, si dovrebbe confinare il nome di Rodano alla sola porzione del suo corso, tra la sorgente e Martigny. Da Martigny esso invade successivamente le valli della Dransa, della Valserina, del Guiers, dell'Ain e della Saona. Infatti la Saona riceve l'Ain, l'Ain riceve il Guiers, il Guiers la Valserina, la

Valserina la Dransa, e la Dransa riceve il Rodano. Questa non è una semplice questione di nomi, ma è pure una questione di antichità.

La Saona, per esempio, dopo Lione, correva da secoli al Mediterraneo prima che fosse raggiunta dal Rodano, e nella nostra nomenclatura è il Rodano che ha inghiottito gli altri. Ed il fatto diventa più curioso se si nota che, dei tre grandi fiumi che si uniscono a formare il Basso Rodano — la Saona, il Doubs, il Rodano stesso — è la Saona che, per una gran parte dell'anno, porta la maggior quantità di acqua, e il Doubs ha il corso più lungo.

Ora consideriamo alcuni casi, nei quali i fiumi della Svizzera hanno modificato il loro corso. In alcuni il cangiamento di direzione è, senza dubbio, dovuto al fatto che qualche corrente, ad un livello inferiore o con una pendenza maggiore, ha retroceduto per l'erosione, ed in tal modo catturata la valle più alta.

Invero i fiumi hanno le loro avventure e vicende, le loro guerre ed invasioni. Prendiamo, per esempio, il Reno Superiore (fig. 59), del quale abbiamo una storia interessantissima per opera di Heim. Esso è formato da tre rami principali, il Vorder Reno, l'Hinter Reno e l'Albula. I due ultimi, dopo essersi incontrati presso Thusis, si uniscono col Vorder Reno a Reichenau e, per Coira, Mayenfeld e Sargans, corrono al Lago di Costanza, presso Rheineck. Però, in un periodo più antico, l'area di scolo di questo distretto fu molto differente.

Il Reno Anteriore e Posteriore si univano allora, come ora, a Reichenau, ma ad un livello molto più alto; quindi correvano a Mayenfeld, non per Coira (fig. 60), ma per il Passo di Kunkel fino a Sargans, e così più in su, non al Lago di Costanza, ma a quello di Zurigo.

In quel tempo la Landwasser nasceva dallo Schlap-

pina Joch, e dopo aver ricevuto come tributari la Vereina e la Sardasca, si univa all'Albula, come ora, a Tiefenkasten: ma invece di volgere ad incontrare il Reno posteriore presso Thusis, si dirigeva parallela-

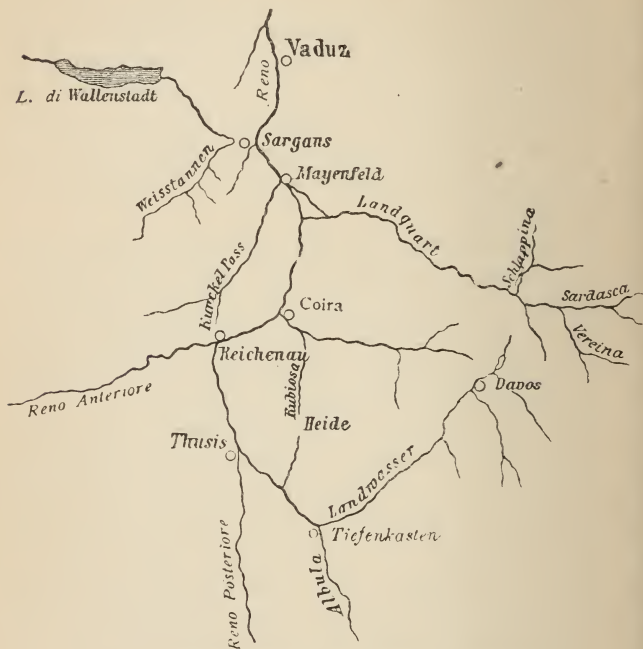
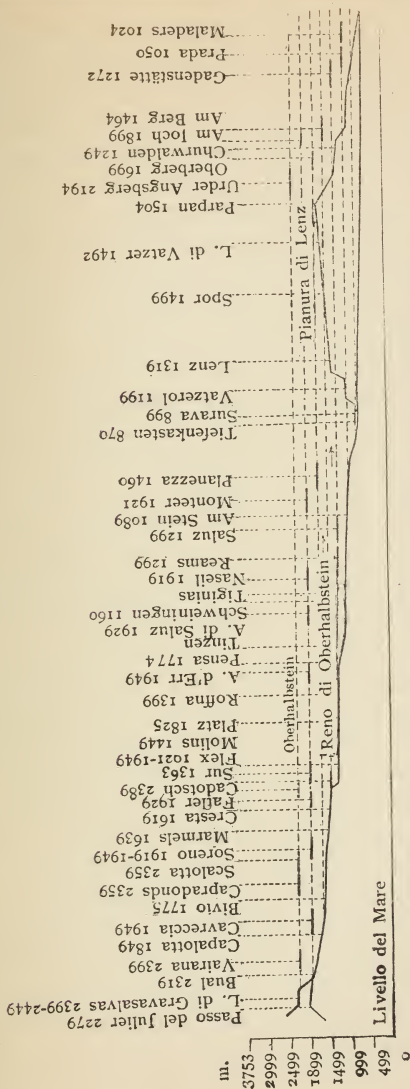



Fig. 60. Sistema fluviale intorno a Coira (anticamente).

mente ad esso, ma a qualche distanza, per Heide a Coira, e così a Mayenfeld.

Guardando da Tiefenkasten verso Heide e il passo di Parpan, sembra quasi incredibile che il Reno di Oberhalbstein possa aver sempre tenuto quel corso.

Perciò io do il seguente profilo (fig. 61) che mostra

Fig. 61. Profilo longitudinale dei Reno di Oberhalbstein e del Passo di Parpan 1 = 10,000.

l'antico terrazzo del fiume, ma con l'altezza esagerata in rapporto alla distanza. Tuttavia ciò non influisce sulle relative elevazioni. Le linee punteggiate seguono la pendenza naturale di un fiume, e le parti rinforzate rappresentano le porzioni del terrazzo che rimangono tuttora. È manifesto che, prima che l'antico Schyn avesse aperta la sua via sopra Tiefenkasten, il Reno, l'Oberhalbstein e la Landwasser scorrevano sopra il passo di Parpan e lo hanno ridotto di circa 610 metri; cioè, quando il fiume vi scorreva sopra con il suo regime naturale rispetto alla valle, esso era all'altezza di 2200 metri, alla quale altezza ha lasciato ad Urder Angstberg un frammento di terrazzo, lo stesso Parpan essendo solo di 1500 metri.

Infatti, i Passi di Parpan e di Kunkel sono valli di fiume abbandonate che mostrano terrazzi su ciascun fianco, ed evidentemente furono, una volta, il letto di grandi fiumi, molto diversi da quelli piccoli, al paragone, che ora scorrono nelle loro parti più basse.

In questo frattempo, però la Landquart scivolava furtivamente nella valle, attaccava il rialto che allora univa il Casanna e il Mädrishorn, e forzando a poco a poco il suo passaggio fra Dörfli e Klosters, invadeva le valli della Schlappina, della Vereina e della Sardasca, le assorbiva come tributarie, le toglieva dalla loro obbedienza alla Landwasser e si annetteva tutta la provincia superiore, che aveva dapprima appartenuto a questo fiume.

Anche lo Schyn a poco a poco si faceva strada verso l'alto da Thusis, finchè riusciva ad invadere l'Albula, trascinandola giù nella valle a raggiungere il Vorder Reno, presso Thusis. Nell'attuale valle principale del Reno, sopra Coira, un'altra corrente erodeva retrocedendo ed eventualmente catturava il fiume principale a Reichenau, deviandolo così dal Kunkel e facendolo girare intorno a Coira.

È possibile, che, in un tempo lontano, la Landwasser possa venire ancora derubata del suo territorio. Le acque del lago di Davos, la Flüela, la Dischma e il Kuhalpthal corrono ora molto tortuosamente a Coira, e non è impossibile che vengano catturate e rapite dal Plessur.

A Sargans ebbe luogo un processo alquanto simile, con l'aggiunta che i materiali portati giù dal Weisstannen, o forse una frana, deviarono il Reno, nello stesso modo che il Rodano (v. pag. 146) fu spinto su un lato dalla Borgna. Il Rodano però non ebbe da scegliere, fu obbligato a forzare la sua via, e la forzò, sul cono depositato dalla Borgna. Il Reno, invece potè correre giù per Vaduz a Rheineck, ed ha tenuto tale direzione.

L'associazione dei tre grandi fiumi d'Europa — Reno, Rodano e Danubio — con la storia passata della nostra razza, li circonda di un fascino singolare, e li rende molto interessanti. Tutti e tre derivano una parte delle loro acque superiori dal gruppo montuoso che è fra il Galenstock e il Bernardino, entro uno spazio di poche miglia; all'est le acque si versano ora al Mar Nero, a nord al Mare del Nord, e ad ovest nel Mediterraneo. Ma non fu sempre così. Le loro acque principali, in un tempo, sono state mescolate insieme.

L'attuale area di scolo della Svizzera Occidentale è molto notevole. Da un'altura che domini la valle dell'Arve sopra Ginevra, si scopre un semicerchio di montagne — il Giura, il Vuache, i Voirons ecc. — che cingono l'estremo occidentale del Lago di Ginevra; l'Arve corre verso il lago che si allarga presso Losanna, dove, soltanto un tratto di terreno basso lo separa dal lago di Neuchâtel e dalla valle dell'Aar. Questa sembra l'uscita naturale per le acque del Rodano e dell'Arve, ma, come fatto certo, essi escono dall'estremo occiden-

tale del Lago, attraversando la notevole stretta di Fort de l'Ecluse e Maupertuis, che ha una profondità di circa 300 metri, ed in un punto non ha più di 4 metri circa di larghezza. Inoltre ci sono ragioni, come vedremo fra poco, per considerare che la stretta sia di origine relativamente recente.

Di più, in vari luoghi intorno al lago di Ginevra, avanzi di terrazzi lacuali indicano che le acque si trovarono, una volta, ad un livello molto superiore a quello presente. Uno di tali terrazzi è forse a più di 76 metri sopra il lago.

Il tratto basso fra Losanna e Yverdun ha un'altezza di 76 metri (250 piedi) soltanto, e corrisponde col terrazzo lacuale sopra menzionato. Il fiume Venoge o il Veyron, come vien chiamato nel suo corso superiore, che nasce fra Rolle e Mont Tendre, corre dapprima verso il lago di Neuchâtel, ma presso La Sarraz piega bruscamente; la valle continua nella stessa direzione, ed una parte delle acque si unisce alla Nozon che si dirige al lago di Neuchâtel, a Yverdun; ma il fiume con un brusco giro volge a sud, e sbocca nel lago di Ginevra ad est di Morges. Perciò è probabile, che, quando il lago di Ginevra fu al livello del terrazzo a 76 metri, le acque uscissero, non come ora, a Ginevra, e per Lione finissero al Mediterraneo; ma presso Losanna, per Cissonay e Entreroches, si dirigessero a Yverdun, e, attraverso il lago di Neuchâtel, nell'Aar e nel Reno.

Ma non è tutta qui la curiosa istoria. Attualmente l'Aar fa a Waldshut, dove sbocca nel Reno, un brusco giro verso ovest. Tuttavia si ha qualche ragione per credere che, in periodo più antico, continuasse il suo corso, verso est, al lago di Costanza per la valle del Klettgau, poichè la presenza di letti di ghiaia con ciottoli venuti giù, non dai Grigioni per mezzo del Reno, ma dall'Ober-

land Bernese per mezzo dell'Aar, indica che il fiume, il quale occupava in quel tempo la valle, era l'Aar e non il Reno. Sembrerebbe pure che in altri tempi il lago di Costanza fosse ad un livello considerevolmente più alto, e che forse il suo sbocco fosse stato nel Da-

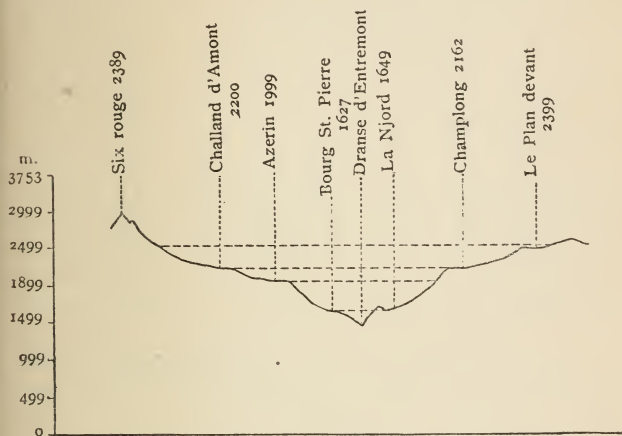



Fig. 62. Sezione attraverso la Val d'Entremont a Bourg St. Pierre. 1 = 100,000.

nubio, da Friedrichshafen ad Ulma, lungo le valli attuali dello Schussen e del Ried [1].

Il fiume Aach, sebbene tributario del Reno, deriva pure le sue acque principali dalla valle del Danubio. Una parte delle acque del Danubio sprofonda nelle fessure delle rocce giuresi a Immendingen, e riappare di nuovo in sorgenti copiose ad Aach, donde vanno al lago di Costanza, presso Rudolphzell.

In tal modo sembra che le acque principali del Ro-

[1] Du Pasquier, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXXI.

dano abbiano in origine fluito, fra Morges e Losanna e per i laghi di Neuchâtel e di Costanza, nel Danubio, e quindi al Mar Nero. Poscia, apertasi la valle attuale fra Waldshut e Basilea, esse corsero per Basilea e il Reno Attuale, e, dopo aver raggiunto il Tamigi sul piano che ora forma il Mare del Nord, finivano nell' Oceano Artico fra la Scozia e la Norvegia.

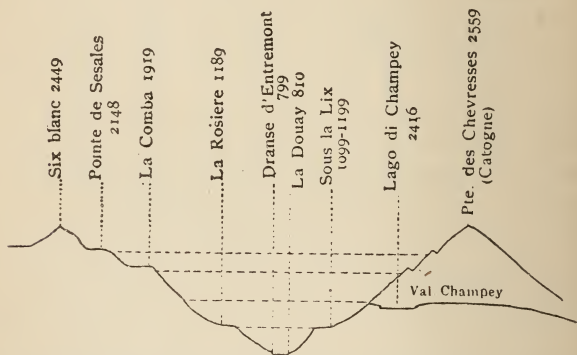



Fig. 63. Sezione trasversale della Valle della Dransa, fra la Valle di Champey, Sembranchier ed Orsières.

Da ultimo, dopo l'apertura del passaggio a Fort de l'Ecluse, per Ginevra, Lione e la valle della Saona, fluirono al Mediterraneo. Pure nelle parti superiori del distretto vi sono stati alcuni cangiamenti.

La figura 62 mostra i terrazzi di fiume sulla Dransa d'Entremont, presso Bourg St. Pierre (dove la Società per la protezione delle piante alpine ha fondato un Giardino Alpino molto interessante), e la figura 63 quelli più lontani giù per la valle, presso La Douai.

Il più elevato di questi terrazzi è all'altezza di 2200 metri. Il colle che mena alla Valle di Champey è all'altezza di circa 1500 metri, e fino a che il fiume non

ebbe raggiunto un livello più basso di questo, le acque della Dransa seguirono, come mostra la carta, il loro corso naturale giù per la valle di Champey. Eventualmente, però, il ramo d'Orsières della Dransa di Bagne erose, retrocedendo, la sua valle, e trascinò le acque superiori ad unirsi con la Dransa di Bagne, a Sembranchier. E ciò venne facilitato dalla morbidezza relativa degli strati giuresi e degli Schisti Grigi, mentre la Valle di Champey risulta di Protogino, di Felsite e di Porfido che offrono una resistenza maggiore all'azione dell'acqua (1).

Anche il Trient ha cangiato il suo corso. In origine esso scorreva su per il Col de la Forclaz giù a Martigny, ed in questo caso il cangiamento è dovuto non ad una differenza di durezza nella roccia, ma alla maggiore pendenza, e quindi al maggior potere erosivo, della Eau Noire.

Sembrerebbe pure che alcuni fiumi dei cantoni di Vaud e di Friburgo sieno più antichi della elevazione definitiva delle montagne all'estremo nord-est del lago di Ginevra.

Gillieron addita che la Broye, la Mionnaz, il Flon (ed io posso aggiungere la Sarina, da Sarnen fin sotto Château d'Oex) corrono verso il lago di Ginevra, fino a che sono arrestate dalle montagne fra Chatel St. Denis e il Rocher de Naye, ed obbligate a ritornare verso nord.

Vi è pure un importante cangiamento che si applica a tutta la cresta delle Alpi. I versanti sono in principio determinati dalla forma della superficie terrestre primitiva, e se i pendii sono eguali in ciascun lato, essi saranno permanenti; però se, come nelle Alpi, un lato

(1) Bodmer, p. 21.

è molto più scosceso dell'altro, esso sarà consumato con maggior rapidità. Perciò tutta la cresta delle Alpi si muove verso nord, sebbene ciò avvenga, naturalmente, con molta lentezza.

Tal fatto è distinto in ispecial modo nel caso dell'Engadina (v. cap. XXIV).

Questi cangiamenti non sono affatto terminati. In molti casi, si possono di già prevedere i cangiamenti che avverranno. Per esempio, la Nolla che sbocca nell'Hinter Reno a Thusis, erode rapidamente nelle montagne presso Glas, ed in un tempo relativamente breve, parlando in senso geologico, invaderà probabilmente la Valle della Versam, privandola dei corsi d'acqua superiori, e appropriandosi le acque dell'alta vallata. Il cangiamento procede così rapidamente che, anche dopo una pioggia di poche ore, la Nolla diventa affatto nera, poichè nella sua parte superiore i Bundnerschiefer, saturandosi d'acqua, son quasi ridotti ad una melma nera. Si può dire che il terreno sia in un movimento debole ma continuo verso la valle, ed ogni tanto le case di Glas e di Tschappina hanno bisogno di essere riparate. In trenta anni, alcune di esse hanno avanzato di 60 metri verso il basso.

ETÀ DEI FIUMI.

Da queste considerazioni risulta non solo che alcuni fiumi svizzeri sono di origine relativamente recente ed altri rimontano a grandissima antichità, ma le differenti parti di un fiume, attualmente considerato come unico, sono di diversa età ed hanno una storia punto somigliante. Si suppone che la parte meridionale delle Alpi centrali sia stata la prima ad elevarsi sulle acque, ed

abbia formato un'isola nei tempi dell'Eocene, al quale, perciò, rimontano alcune delle acque principali. Nondimeno, è evidente che i fiumi, i quali traversano i depositi Miocenici della Svizzera Centrale, non possono avere avuto principio se non dopo che gli strati del Miocene si elevarono e diventarono terra ferma. La catena anticlinale che attraversa la Svizzera dalle vicinanze di Thun fino a Rhemeck all'estremo orientale del lago di Costanza, passando per Lucerna, a sud di Zug e per Rapperschwyl, non ha, d'ordinario, modificato i fiumi. Essi già esistevano, e la incidevano a mano a mano che si elevava.

Infatti, le parti superiori della Reuss e dell'Aar rappresentano, probabilmente, i fiumi che portarono giù le grandi masse di ghiaia miocenica, che ora formano le terre basse della Svizzera, e attraverso le quali essi si aprirono, in seguito, le parti inferiori del loro corso. Perciò queste devono essere di origine molto meno antica; ma anche queste valli furono scavate alla loro completa profondità prima del periodo glaciale, e quindi devono essere di immensa antichità.

CAPITOLO IX

I LAGHI.

Le Alpi sono circondate da una bella cerchia di laghi.

Al nord, oltre molti più piccoli, si hanno quelli di Costanza, di Walen e di Zurigo, di Zug, di Lucerna, di Brienz e di Thun, di Ginevra; a sud il Lago Maggiore, i laghi di Lugano, di Como, d'Iseo e di Garda che sembrano tutti irraggiare, per così dire, dal grande Massiccio Centrale del San Gottardo. Io non menziono i laghi di Neuchâtel e di Morat, perchè appartenenti ad una categoria diversa.

Evidentemente questi grandi laghi non sono parti di un antico mare interno. Essi sono a livelli molto differenti. Il Lago di Brienz, per esempio, è a 190 metri sopra quello di Ginevra; quello d'Orta è a 225 metri sopra il Lago di Garda.

Ma nel considerare la origine di questi laghi, bisogna aver riguardo non solo al livello superficiale dell'acqua, ma pure a quello del fondo. Ordinariamente, quando si indica il livello di un lago, viene citato quello della superficie, ma il fondo è forse ancora più importante, e come vedesi dalla seguente tabella, esiste un grande contrasto fra questi due livelli :

	Livello superficiale	Massima profondità	Livello del fondo
Costanza	395 metri	252 metri	143 metri
Walen	423 »	151 »	272 »
Zurigo	409 »	142 »	267 »
Zug	417 »	198 »	219 »
Lucerna	437 »	214 »	223 »
Sempach	507 »	87 »	420 »
Brienz	566 »	261 »	305 »
Thun	560 »	217 »	343 »
Ginevra	375 »	309 »	66 »
Neuchâtel	435 »	153 »	282 »
Bienne	434 »	74 »	360 »
Orta	290 »	143 »	147 »
Maggiore (1)	194 »	655 »	— 461 »
Como	199 »	414 »	— 215 »
Lugano	266 »	288 »	— 22 »
Varese	239 »	29 »	210 »
Iseo	185 »	346 »	— 161 »
Garda	65 »	346 »	— 281 »

Queste profondità sono ancora più notevoli, se si paragonano con quelle di certi mari. Per esempio, la Manica non ha in nessun punto una profondità maggiore di 50 metri, ed il Mare del Nord maggiore di 60.

---

(1) Dagli scandagli eseguiti per conto dell'Ufficio Idrografico della Regia Marina, i cui risultati furono pubblicati nel 1891, la massima profondità del lago è di 372 metri. Per il Lago di Varese, secondo le misure dell'ingegnere Quaglia, la massima profondità è di metri 26. Da 226 scandagli eseguiti, nel 1884, dal professor Salmoiraghi nel Lago d'Iseo, la massima profondità risultò di metri 250. (O. Marinelli, *Area, profond.... ecc., dei principali laghi italiani*).

(*n. d. t.*).

Inoltre, la profondità dei laghi fu in origine ancora più grande, poichè il fondo attuale è, in alcuni casi, coperto da alluvione di spessore sconosciuto, ma, senza dubbio, considerevole. I laghi di Neuchâtel e di Bienne differiscono solo di un metro in riguardo al livello dell'acqua, ma il bacino di Neuchâtel è più profondo di quello di Bienne di 60 metri. I grandi laghi italiani, come si rileva dalla tabella, discendono sotto, e talvolta molto sotto, il livello del mare.

Inoltre, i laghi sono, in molti casi, veri bacini in roccia.

Nel caso del lago di Ginevra, per esempio, quantunque lo sbocco presente sia al disopra dei detriti superficiali, la roccia solida, nel letto del fiume a Vernier, appare a 10 metri soltanto sotto la superficie del lago, ovvero a 300 metri sopra la porzione più profonda.

I materiali trasportati dai fiumi non solo hanno innalzato i fondi dei laghi, ma ne hanno diminuito l'area colmandoli in parte, specialmente nei limiti superiori. È evidente che una volta essi furono molto più grandi che ora non sono. Il lago di Ginevra si estendeva almeno fino a Bex e forse fino a Briga; quello di Brienz giungeva a Meiringen; quello di Lucerna ad Erstfeld; quello di Walen a Coira; quello di Costanza, almeno fino a Feldkirch; il Lago Maggiore toccava Bellinzona e quello di Como, Chiavenna.

Inoltre, i laghi di Thun e di Brienz formavano un solo specchio d'acqua, e così pure quelli di Walen e di Zurigo.

D'altra parte, cangiamenti anche leggeri possono grandemente ampliare i laghi. Per esempio, se lo stretto sbocco dell'Aar, un po' al disotto di Brugg, si chiudesse di nuovo, una gran parte della pianura svizzera centrale sarebbe sommersa.

Il problema della origine dei laghi non somiglia affatto a quello sull'origine dei fiumi. Non si ha soltanto da spiegare la generale profondità della valle, che può essere dovuta all'acqua corrente, ma anche il bacino eccezionale del lago; l'acqua corrente produce le valli, tende a colmare ed a vuotare i laghi.

A che dunque son dovuti i bacini dei laghi?

Si suppose che molti laghi provenissero da spaccature e fratture, ma io non conosco verun lago svizzero che possa essere spiegato in tal modo.

I laghi si possono classificare in quattro gruppi:

a) Laghi dovuti a cangiamenti di livello;

b) Laghi di sbarramento;

c) Laghi di depressione;

d) Laghi-crateri.

In molti casi, però, un lago può essere in parte dovuto ad una di queste cause ed in parte ad un'altra, e per convenienza di descrizione si può ripartirli in otto classi:

a) Laghi dovuti ad irregolari accumulazioni di « drift »; generalmente sono piccoli e poco profondi;

b) Laghi « Corrie »;

c) Laghi dovuti a morene;

d) Laghi originati da frane, scivolamenti di terra, coni di fiume, ghiacciai, o da correnti di lave che sbarrino il corso di un fiume;

e) Laghi « Lanche »;

f) Laghi dovuti a rimozioni sotterranee di roccia solubile, come sale o gesso. Se ne incontrano specialmente in aree triasiche;

g) Laghi-crateri;

h) I grandi laghi.

1.° In quanto ai laghi della prima classe, sulla superficie della terra si trovano qua e là dei distretti

sparsi di laghi poco profondi, che hanno tutte le dimensioni, fino a rappresentare dei veri stagni. Tali, per esempio, son quelli che s' incontrano nel distretto di Le Pays des Dombes fra il Rodano e la Saona, quello di La Sologne presso Orléans; quelli di alcuni luoghi dell'America del Nord, di Finlandia, ecc. Ordinariamente questi laghi hanno poca profondità e la loro origine si spiega in tal modo. Le lastre di ghiaccio, di cui queste regioni furono coperte, avendo disseminato ammassi irregolari d'argilla, di ghiaia e di sabbia sopra uno strato impermeabile, ovvero sopra uno strato di roccia dura come granito o gneiss, resero impossibile all'acqua piovana un passaggio attraverso di essi, nè, dove l'inclinazione è insufficiente, essa può inciderli per crearsi un'uscita.

2.° I laghi « Corries » possono spiegarsi così: Supponiamo un pendio (fig. 64-*a, b, c, d*) sul quale si accumuli della neve e del ghiaccio *(e)*. Le rocce ed i frammenti che cadono dalle alture, si accumuleranno in *d*. Inoltre,

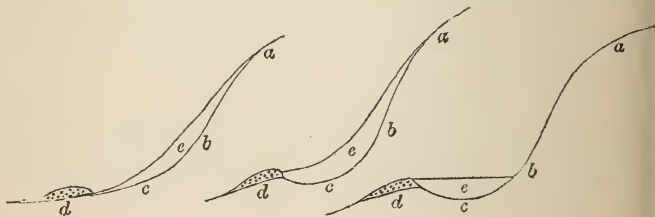



Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66.
Diagrammi che illustrano la formazione dei laghi « Corries ».

il ghiaccio tenderà a formare una cavità in *c* (fig. 65), dove la pressione sarà massima. In seguito, se la neve ed il ghiaccio si liquefanno, l'acqua si accumula nella cavità (fig. 66), e laghi, in tal guisa prodotti, sono comuni in distretti montuosi, dove hanno un nome speciale:

Corries nella Scozia, *Oules* nei Pirenei, *Botn* in Norvegia, *Karwannen* nelle Alpi tedesche, ecc.

3.° Una terza classe di laghi abbraccia quelli dovuti allo sbarramento di valli fluviali, per opera di morene di antichi ghiacciai. A questa causa devono la loro origine il lago di Zurigo (in parte), quello di Halwyl, il lago di Sempach, parecchi dei laghi italiani (Orta, Iseo) e molti altri. Infatti il maggior numero delle valli, che discendono dalle Alpi, hanno, od hanno avuto, un lago, al loro aprirsi sul piano.

4.° I laghi della quarta classe erano una volta, nella Svizzera, molto più numerosi di quel che sieno ora. Come esempi di laghi prodotti da frane, io posso menzionare il Törler See presso Zurigo, ed il Klön See nel Cantone di Glarona: fra quelli dovuti a coni di fiumi, il lago di Sarnen e i laghi dell'Alta Engadina, e come esempi di laghi sbarrati dai ghiacciai, quello di Tacul, sulla catena del Monte Bianco, e il lago di Merjelen che è sbarrato dal ghiacciaio dell'Aletsch. Nel nostro paese, i margini di un lago similmente sbarrato dal ghiacciaio, formano le celebri « strade parallele di Glenroy ».

5.° Le lanche s'incontrano lungo il corso di molti grandi fiumi. La corrente tortuosa piega in forma di un'ansa, che quasi la riporta allo stesso punto. In seguito la stretta lingua di terra viene tagliata, e l'ansa rimane come un canale cieco (lanca) o « Lago morto ». Se un'isola, per avventura, si fosse formata nel mezzo del canale, una delle correnti laterali ne rimane spesso ostruita e ne risulta uno stagno ad ansa, chiusa ai due estremi.

6.° I laghi di depressione, come già ricordammo, si presentano principalmente in aree triasiche. Il gesso o il sale è sciolto in posto, ed eventualmente il terreno cede, lasciando delle cavità a forma d'imbuto. Uno

stagno simile si formò presso il villaggio di Orcier, nel Chiablese, nel 1860. Precedentemente v'era stata una copiosa sorgente che dava origine ad un corso d'acqua, ma ad un tratto il terreno s'abbassò e dette luogo ad uno stagno, lungo circa 20 metri e largo 8. Esso inghiottì tre bei castagni ed aveva tale profondità, che a 20 metri non se ne toccò il fondo, nè si toccarono le cime degli alberi (1).

Generalmente queste cavità sono piccole, ma in alcuni casi hanno grandi dimensioni, come il Königs See, i laghi di Cadagno e di Tremorgia, nel bacino del Ticino. I nostri stagni del Cheshire sono principalmente dovuti alla stessa causa.

7.° I laghi che occupano crateri sono lungi dall'essere infrequenti nelle regioni vulcaniche, come nell'Alvernia, e il celebre lago d'Averno nel distretto di Napoli, ed il Mare dell'Eifel.

Ma nella Svizzera mancano laghi di questo genere.

8.° Rispetto ai laghi svizzeri maggiori vi sono state molte opinioni differenti.

Ramsay e Tyndall ammisero che essi fossero bacini in roccia, scavati dai ghiacciai.

Mortillet e Gastaldi (2) hanno suggerito che nei tempi pre-glaciali le valli furono colmate da alluvione, e che questo tenero materiale venne asportato dai ghiacciai.

« Che i ghiacciai erodano le rocce, dice Sir A. Geikie, è dimostrato dalle rocce *moutonnées,* che essi hanno lasciate ».

« Considerando un ghiacciaio, dice Tyndall, profondo 300 metri (e qualcuno di quelli più antichi ebbe una profondità tre volte maggiore) e riferendo metri 12-20

---

(1) Favre: *Rech. Géol.*, vol. ii.

(2) *Sur l'affouillement glaciaire* — Atti della Soc. Ital. 1863.

di ghiaccio ad un'atmosfera, troviamo che per ogni yard quadrato del suo letto un tal ghiacciaio premerà con un peso di 486.000 libbre. Con una pressione verticale di tal valore, il ghiacciaio è spinto giù per la sua valle dalla pressione che riceve di dietro » [1].

È manifesto, invero, che un ghiacciaio dello spessore di molte centinaia ed, in alcuni casi, di parecchie migliaia di piedi, deve esercitare sovra il letto sul quale s'avanza una grande pressione, la quale si riconosce dalle strie e dai solchi sulle rocce solide, e dal fango sottile portato in basso dalle correnti glaciali. Questo fango è di un carattere totalmente diverso da quello di fiume, poichè è tenero e impalpabile, mentre l'altro è relativamente grossolano e ghiaioso.

La diminuzione della rapidità nel moto di un ghiacciaio, a' suoi lati e presso il fondo, che è stata riguardata come una prova che i ghiacciai non possono scavare, indica al contrario quanto grande sia la pressione.

Talvolta la questione è stata discussa dal punto di vista se, come scavatori, fossero di maggiore effetto i fiumi o i ghiacciai. Ma non è così.

Anche coloro i quali considerano che i laghi sono in molti casi dovuti a ghiacciai, poterono ancora ammettere, che i fiumi hanno un potere di erosione maggiore. Vi è però una differenza essenziale nel modo di agire. I fiumi tendono a regolarizzare i loro alvei; essi rappresentano una via di scolo dei laghi, ma non possono formarne. Siccome Playfair [2] additò da lungo tempo, un lago non è che una condizione temporanea di un fiume. Infatti, in riguardo ai fiumi, i laghi non sono che semplici incidenti temporanei. La tendenza delle

---

(1) Tyndall: *Conformation of the Alps*. Phil. Mag. Oct. 1869.

(2) Playfair's: *Works*, vol. i.

acque correnti è di tagliare qualunque sporgenza, in guisa che alla fine il loro corso assume una curva, come quella mostrata dalla figura 67, dalla sorgente alla foce nel mare.

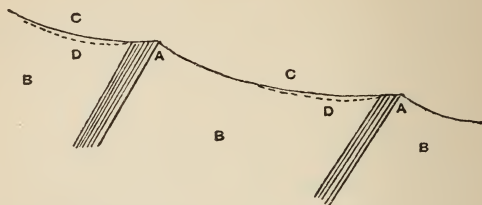



Fig. 67. Diagramma per illustrare l'azione dei fiumi e dei ghiacciai.
A A', Rialzi duri; *B, B', B''*, Strati più teneri;
C C, Pendenza dell'acqua corrente; *D D*, Pendenza del ghiaccio.

L'esistenza di un rialzo duro non darebbe origine ad un lago; esso ritarderebbe lo scavamento della valle; sopra di esso la pendenza diventerebbe molto leggiera, ma non potrebbe formarsi un vero bacino; si avrebbe una sezione come nella figura 67. L'azione d'un ghiacciaio è differente; esso sceglie, per così dire, i luoghi più morbidi, ed in tali circostanze potrebbero formarsi dei bacini a monte dei rialzi più duri, come è indicato dalle linee punteggiate *D D*.

In molte delle valli svizzere, la pressione del ghiaccio sul suo letto deve essere stata grandissima. Il ghiacciaio del Rodano non solo occupava il bacino del lago di Ginevra, ma si elevava sul Giura all'altezza di 950 metri. Il lago è profondo 309 metri, cosicchè lo spessore totale del ghiaccio deve avere oltrepassato i 1000 metri. Di più, la massima profondità del lago si riscontra di fronte a Losanna, dove lo spessore del ghiaccio avrà avuto il suo *maximum*. Inoltre, la profondità in rapporto alla grandezza di esso è affatto insignifi-

cante; la figura 68 indica l'altezza delle montagne e lo spessore del ghiaccio nel tempo della sua massima estensione, mentre la linea oscura inferiore dà la profondità relativa dell'acqua. Si scorge, che, dopo tutto, il lago di Ginevra non è, in realtà, che una pellicola d'acqua.

Nondimeno, ci sono forti ragioni contrarie a riguardare i ghiacciai come gli agenti principali nella formazione dei grandi laghi svizzeri e italiani; esse furono avanzate calorosamente da Ball e da Bonney, ed i geologi svizzeri non sono, in generale, disposti ad accettare l'azione dei ghiacciai come una spiegazione sufficiente. Essi ammettono che i ghiacciai stritolino e levighino le rocce sulle quali passano, ma negano che scavino effettivamente.

Il lago di Ginevra, a 375 metri sul mare, ha una profondità di oltre 309 metri, ma se ne deduciamo l'accumulazione dei sedimenti, il suo fondo reale, probabilmente, discende sotto il livello del mare. I laghi italiani sono ancora più degni di nota. Il lago di Como, a 199 metri sopra il mare, è profondo 414 metri; il lago Maggiore [1], a 194 metri, ne ha non meno di 655 in profondità, cosicchè il fondo è a 461 metri sotto il livello del mare.

Inoltre, la difficoltà che così si presenta non è tanto per la profondità assoluta,

Fig. 68. Sezione-diagramma lungo il lago di Ginevra.
La linea oscura dà la profondità relativa dell'acqua indicata dalle cifre superiori.

[1] V. nota precedente, annessa alla tabella dei laghi (*Tr*).

quanto per la mancanza di altezza relativa sopra il livello del mare, in guisa che non ci sarebbe pendenza sufficiente per il decorso regolare delle acque. Anche se supponiamo che il mare s'avanzò fin sopra Lione, essendo di 180 km. la distanza da Losanna, il lago deve essere stato elevato 300 metri, per dare anche una minima pendenza del 20 $^0/_0$ (1).

Nella valle del Rodano il livello superiore del ghiaccio ebbe un pendio leggiero, ma regolare. A Schneestock il limite superiore fu a 3550 metri sul mare, a Leuk a 2100, a Morcles, presso St. Maurice, a 1650; ma a Chasseron, sul Giura, l'altezza attuale è a 1410 metri, a Chasseral a 1306, sulla Salève a 1330. Ciò rappresenta soltanto una pendenza del 2 $^1/_2$ al 3 $^0/_0$, ed ora i ghiacciai svizzeri hanno una pendenza circa del 6 $^0/_0$. Quella del ghiacciaio dell'Aar, che è il meno inclinato, è del 5 $^0/_0$. Senza dubbio, quanto più grande è il ghiacciaio, tanto minore è l'inclinazione secondo la quale può muoversi; per altro, un pendìo del 3 $^0/_0$ sembrerebbe affatto sproporzionato. Se però supponiamo che le Alpi ebbero una maggiore altitudine relativa di circa 1000 metri, la difficoltà sarebbe rimossa, ed il ghiacciaio avrebbe una pendenza sufficiente.

Queste ed altre considerazioni hanno condotto a poco a poco all'opinione, che, mentre le valli occupate dai laghi svizzeri furono principalmente scavate dall'acqua corrente, i laghi stessi sono dovuti a cangiamenti di livello che hanno innalzato maggiormente le porzioni inferiori delle valli, in confronto dei corsi dei fiumi più vicini alle montagne.

Il prof. Heim ha suggerito che la compressione, la quale sollevò le montagne svizzere, e fece diventare, come

(1) Forel, *Le Léman.*

abbiamo visto (pag. 57), più che doppia la pressione primitiva su questa porzione della superficie terrestre, fu quella che condusse alla formazione dei grandi laghi. La massa montuosa, concentrata in tal guisa sopra un'area relativamente piccola, tenderebbe pel suo peso enorme ad affondarsi alquanto nel magma più tenero sottostante, e, naturalmente, si sarebbe avuto, a questo riguardo, lo stesso risultato come se si fosse sollevato il paese all'intorno. E il risultato sarebbe lo sbarramento dei fiumi ed il riempimento delle valli. Per esempio, nel lago di Lucerna, il fondo della baia d'Uri è quasi piatto; si tratta evidentemente di una valle di fiume, che è stata riempita da acqua.

Infatti, parlando in generale, i grandi laghi svizzeri sono delle valli di fiume sommerse.

La depressione relativa delle montagne non è una semplice ipotesi. Si hanno, come vedremo, forti motivi per credere, che il paese intorno a Ginevra si sia recentemente innalzato.

Lungo la valle si possono tuttora scoprire, presso Zug, gli antichi terrazzi di fiume della Reuss. Ora, questi terrazzi devono in origine aver avuto un declivio dalle parti superiori verso il basso, cioè da Zug verso Mettmenstetten; ma attualmente l'inclinazione è da Mettmenstetten verso Zug. Da questa ed altre prove, concludiamo che c'è stata un'elevazione del paese, da Lucerna verso Rappersdorf, la quale ha sbarrato la valle, trasformando, in tal modo, porzioni dell'Aar e della Reuss in laghi, e considerevolmente cangiando il corso del fiume.

Il prof. Heim ha ancora indicato che, fin dal principio del periodo glaciale, vi è stata un'elevazione, relativamente recente, secondo una linea attraverso il lago di Zurigo; essa è dimostrata dal fatto che mentre i ter-

razzi inferiori seguono il pendio generale della valle, i depositi glaciali superiori presentano per qualche tratto un' inclinazione contraria. Il signor Aeppli, nella sua opera ([1]) recente, ne ha data una descrizione particolareggiata. Essi si osservano sui due lati del lago, fra Horgen e Wädenschweil da una parte, e fra Meilen e Stäfa dall'altra; però non si corrispondono esattamente sulle due sponde, poichè la zona di compressione attraversa il lago diagonalmente, cominciando più a sud sulla sponda orientale. Per lo stesso motivo, mentre la compressione ha fatto, dal lato orientale, inclinare i terrazzi verso il lago, all'ovest il pendio è verso la collina. Questo fatto curioso, del quale era molto difficile dare una spiegazione, è ora spiegato soddisfacentemente con l'inversione del terrazzo.

Io ebbi il grande vantaggio di visitare i terrazzi, ad ovest del lago, sotto la guida del prof. Heim, e guardando attraverso, potemmo anche chiaramente vedere quelli del lato orientale.

Passando ad altre regioni, il caso del Mar Morto è molto suggestivo. Una lunga depressione si dirige dall'estremo più basso verso il sud: è evidente che una volta il Giordano correva nel golfo di Akaba e quindi al mar Rosso, e che un successivo cambiamento di livello ha formato il Mar Morto, che si sprofonda di 396 metri sotto il livello dell'Oceano.

Anche i grandi laghi americani, probabilmente, sono dovuti a differenze di sollevamento. Per esempio, intorno al lago Ontario vi è una plaga elevata, che all'estremo occidentale di esso è a 110 metri sul livello del mare, ma s'innalza verso est e verso nord, fino a che, presso Fine, raggiunge quasi i 300 metri. Siccome

([1]) *Beitr. z. Geol. k. d. Schw.* LXXXIV.

in origine questo terrazzo deve essere stato orizzontale, si ha, in questo caso, un lago *di barriera* dovuto ad una differenza di elevazione che sorpassa i 180 metri. Ma, quantunque i laghi possano non essere stati scavati da ghiacciai, è probabile che il processo di riempimento avrebbe fatto un cammino molto maggiore, se essi non fossero stati occupati dal ghiaccio, durante un periodo sì lungo.

La questione che ora si presenta è relativa all'età dei laghi. Le valli sono ora riguardate, dalla maggior parte dei geologi svizzeri, come preglaciali, ma i laghi ebbero origine dopo il ritiro dei ghiacciai [1].

Se questi modi di vedere sono giusti, i maggiori laghi, a nord delle Alpi, possono comprendersi in tre classi.

Nella prima, i laghi del Giura, — quelli di Neuchâtel, di Bienne, e di Morat, che occupano valli sinclinali.

Nella seconda, quelli di Hallwyl, di Baldegg, di Sempach, di Greifen, che sono laghi morenici, poichè i limiti inferiori sono formati da morene.

Nella terza, quelli di Costanza, di Zurigo, di Walen, di Zug, di Lucerna, di Thun, di Brienz e di Ginevra, alcuni dei quali, invero, sono parzialmente sbarrati da antiche morene, ma, almeno in parte, sono dovuti all'abbassamento subito dalle porzioni superiori delle valli, rispetto al resto.

Il dott. A. Forel [2] ha suggerito che questa depressione delle Alpi Centrali, serve ancora a rendere più evidente l'antica estensione che avevano i ghiacciai. L'attuale linea delle nevi è a circa 2600 metri. Se noi ammettiamo che la depressione sia stata di 500

---

(1) Penck, *Vergletscherung der Deutschen Alpen.*

(2) Forel, *Le Léman.*

metri (che sembra il *minimum*), e supponiamo che, in seguito, siano stati rimossi 100 metri da tutta la superficie (l'apprezzamento non è al certo esagerato), ciò farebbe abbassare di 600 metri il livello attuale delle nevi ed importerebbe una grande estensione del nevischio, e, per conseguenza, dei ghiacciai. Egli considera che un'elevazione di 900 metri farebbe nuovamente discendere i ghiacciai del Rodano al lago di Ginevra. Questa teoria merita uno studio accurato, ma è aperta all'obbiezione che il periodo glaciale non è un semplice fenomeno locale, ma sembra avere esercitato un'influenza su tutto l'emisfero settentrionale.

Considerando i grandi laghi dell'Italia che discendono al disotto del livello del mare, si è suggerito che essi indichino i luoghi dove finivano i ghiacciai antichi, ed, infatti, i loro limiti inferiori sono circondati da morene gigantesche. Bisogna, però, ricordare che la valle del Po è un'area di depressione ed una continuazione dell'Adriatico, ora parzialmente colmata e convertita in terra dai materiali portati giù dalle Alpi.

In tali circostanze, noi siamo tentati di domandare se almeno i laghi più bassi non possano essere gli avanzi dell'antico mare, che occupava una volta tutta la pianura. Inoltre, appunto come le foche del lago Baikal, in Siberia, ci fanno risalire al tempo in cui quel grande specchio d'acqua dolce era unito all'Oceano Artico, così, nel carattere della fauna dei laghi italiani — e specialmente nella presenza d'un crostaceo nel lago di Garda — si ha qualche conferma per una simile idea [1].

[1] Le ipotesi che si hanno oggidì sull'origine dei maggiori laghi italiani, sono la ipotesi della *escavazione glaciale*, e quella degli *spostamenti di massa* avvenuti fra le regioni

Tuttavia, può essere che i limiti inferiori dei laghi siano stati sbarrati da accumulazioni glaciali. Per altro sono necessarie ancora delle ulteriori prove, prima che tali questioni interessanti possano risolversi pienamente e definitivamente.

IL COLORE DEI LAGHI SVIZZERI.

La Svizzera deve molta parte del suo incanto ai laghi, ed essi devono in special modo la loro bellezza alla squisita colorazione che presentano. Sotto tale aspetto differiscono considerevolmente; il lago di Ginevra è azzurro, ma il maggior numero dei laghi svizzeri ha un colore più o meno verde, ed alcuni sono bruni. Quale la ragione di queste differenze?

L'azzurro, quantunque ne possa essere accresciuto, non è dovuto al colore del cielo, poichè l'acqua pura è d'un azzurro squisito. Fra tutti i laghi svizzeri, quello di Lucel, in Val d'Hérens, è forse il più limpido, ed è d'un simpatico colore azzurro.

Furono date varie ragioni per spiegare il colore verde di alcuni laghi, ma la spiegazione più probabile sembra essere quella di Wettstein, abilmente sostenuta da Forel [1], che, cioè, l'azzurro è cangiato in verde da piccolissime quantità di materia organica in soluzione.

---

periferiche e centrali delle Alpi. La prima ipotesi, sostenuta dall'illustre geologo prof. Taramelli, è avvalorata da un gran numero di fatti generali, mentre quella dell'origine tettonica, fondata su fatti troppo locali, non può essere applicata con uguale vantaggio alla spiegazione di tutti i laghi orografici. (*N. d. T.*)

[1] Forel, *Le Léman*, vol. ii.

Forel prese le acque di parecchi laghi, e dopo averle filtrate perfettamente, notò che ritenevano il loro colore, e perciò esso non poteva esser dovuto a particelle in sospensione. Prese quindi un pezzo di torba, l'infuse nell'acqua, ed ottenne così una soluzione gialla; aggiungendo una piccola quantità di questa all'acqua azzurra del lago di Ginevra, ebbe una colorazione verde esattamente somigliante a quella del lago di Lucerna.

Egli cita come un caso di prova della stessa specie i due laghi di Achen e di Tegern nel Tirolo: il primo, avendo un bacino libero da torba, è d'un colore azzurro brillante, mentre nel bacino del secondo, coprendo la torba un grande spazio, si ha una graziosa colorazione verde. Conclude perciò con Wettstein che i laghi più puri sono i più azzurri, mentre quelli verdi contengono una piccola quantità di materia vegetale, o torba, in soluzione.

Tuttavia, questa non è affatto la sola causa alla quale l'acqua debba una tinta verde.

L'acqua poco profonda, sopra una sabbia giallastra, è verde, per la riflessione della luce gialla dal fondo. D'altra parte, dopo qualche tempesta, l'acqua si rende spesse volte densa e torbida, e dopo che il fango più grossolano si è depòsitato, le particelle più piccole, impalpabili, danno all'acqua una tinta verdastra che, però, è solo temporanea, quantunque di qualche durata. Infine, l'acqua è talvolta colorata in verde, qua e là, da alghe microscopiche. Pur nondimeno, se l'azzurro dei laghi e dei mari non è dovuto alla riflessione dell'azzurro del cielo, lo splendore, la bellezza e la varietà dei toni e delle tinte, il giuoco dei colori dall'oltremare al violetto, i cangiamenti costanti ed i disegni che variano ad ogni soffio di vento, tutta la vita, la sublimità e l'incanto dei laghi dipendono interamente dalla luce del sole.

LA « BEINE » O « BLANCFOND ».

Se in una giornata bella e tranquilla, da qualche altura vicina, guardiamo giù nel lago di Ginevra, scorgiamo che l'azzurro turchino dell'acqua profonda è frangiato da un margine grigio-chiaro o verdastro.

Questo margine è la « Beine » o il « Blancfond », la poca profondità dell'acqua rendendo visibile la tinta grigia o giallastra del fondo. Una simile frangia o margine di poca profondità cinge molti laghi svizzeri, e può essere spiegata nel modo seguente. Le onde a poco a poco logorano la riva, dando origine a piccole rupi e a talus (fig. 69). Le pietre sciolte e la sabbia vengono

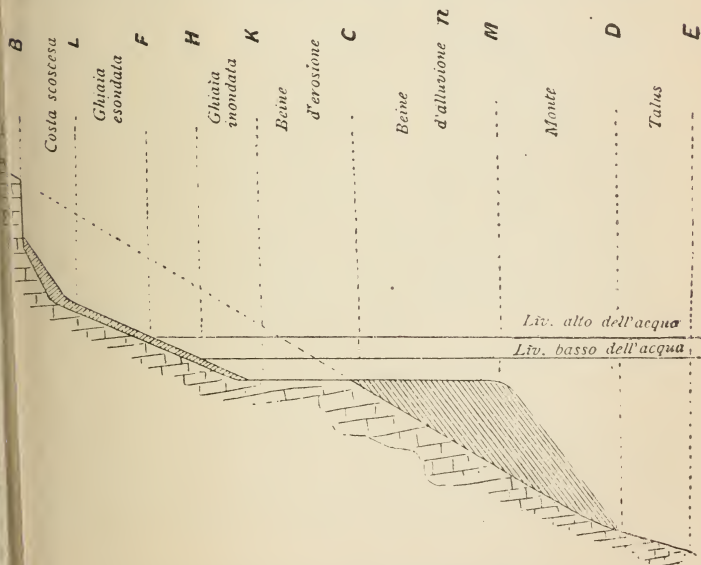



Fig. 69. Diagramma della sponda d'un lago.

gradatamente rotolate in basso, formando un terrazzo leggermente inclinato (fig. 69, *K*, *M*) che termina in fine con un ripido pendio. Questo terrazzo è conosciuto col nome di « Beine » o « Blancfond ». La profondità della Beine dipende da quella che raggiunge l'acqua agitata dalle onde; è minore perciò nei siti riparati, e maggiore in quelli esposti. Nel lago di Ginevra sta fra uno e quattro metri. Essa inclina in due parti, nell'interna (*K*, *C*), a causa dell'erosione, e nell'esterna (*C*, *M*) a motivo del deposito. L'inclinazione del pendio esterno dipende dalla natura dei materiali; più sono fini e più essa è leggiera.

Gli antichi villaggi dei laghi svizzeri furono costruiti sulla Beine, e ciò indica quanto deve essere stato costante il livello dei laghi svizzeri per molte centinaia, od anche per alcune migliaia di anni. Molti dei villaggi lacustri appartengono all'Età della pietra, ed esistono tuttora i tronchi dei pali su cui erano fabbricati.

Naturalmente, le piattaforme non poterono essere costruite sull'acqua ad una profondità maggiore, tutt'al più, di cinque metri, cosicchè, durante tutto questo periodo, il livello dei laghi dev'essere stato in pratica quello che è ora. Invero, la struttura stessa della Beine indica che il livello deve approssimativamente esser rimasto il medesimo, per un tempo molto lungo.

CAPITOLO X

INFLUENZA DEGLI STRATI SUL PAESAGGIO.

Il carattere del paesaggio svizzero dipende principalmente dalla denudazione e dalla degradazione meteorica. Esso viene modificato, oltre che dal clima, dall'aspetto, dalla natura chimica, dall'altezza e dall'angolo d'inclinazione delle rocce.

Si è calcolato grossolanamente, che lo spessore delle rocce sedimentarie raggiunga i 6000 [1] metri, e da tutto il loro insieme, derivato dagli antichi continenti e depositato in mari o laghi, si scorge quanto sia stata potente la denudazione, specialmente se si considera la gran parte asportata dall'acqua e depositata, poscia sollevata e di nuovo asportata; la qual cosa per alcune porzioni avvenne parecchie volte.

Le forze principali che hanno disgregato le rocce, sono: l'acqua, i cangiamenti di temperatura, le azioni chimiche, la vegetazione.

Poche sono le rocce, le quali non si alterino o si sciolgano più o meno per azione dell'acqua. Prima imbevendo, e poscia filtrando attraverso i numerosi cre-

---

[1] Però molti letti non sono rappresentati nella Svizzera.

pacci, essa, specialmente se carica di acido carbonico, discioglie alcune sostanze, ed altre ne abbandona. Agisce pure meccanicamente, poichè, espandendosi nel congelarsi, spacca anche le rocce più tenaci, solo che vi sia qualche fessura che le permetta un passaggio. Perciò i declivi saranno, generalmente, più scoscesi in una regione asciutta, che in una piovosa. Anche senza l'acqua, i cangiamenti di temperatura hanno un effetto considerevole, in causa delle fratture alle quali dànno luogo con le successive contrazioni ed espansioni.

Tuttavia questi, quantunque i principali, non sono i soli fattori della denudazione. Le radici delle piante, insinuandosi nei crepacci più piccoli e distendendosi col crescere, allargano a poco a poco le fessure, con effetti non trascurabili. Dopo tutto, però, l'azione della vegetazione è conservatrice. Essa assorbe gran parte dell'acqua piovana, ed in tal modo viene grandemente frenata la formazione dei torrenti. Alcuni distretti alpini francesi, e molti del nord dell'Africa hanno sofferto terribilmente e si sono ridotti quasi a deserti, per la distruzione irregolare delle foreste.

Le diverse rocce sono molto differentemente attaccate dalle influenze atmosferiche.

Le rocce silicee sono soggette alla disgregazione atmosferica, ma, d'altra parte, i granelli separati di sabbia e di quarzo non solo sono insolubili, ma offrono una grande resistenza all'azione meccanica. L'acqua, specialmente se contiene dell'acido carbonico, può disciogliere un po' di silice, ma la quantità è insignificante.

Le rocce calcaree sono attaccate molto più prontamente. Esse contengono spesso alquanta allumina e noduli silicei, che, dopo la rimozione della materia calcarea, formano come un'argilla rossiccia con selci.

Le rocce argillose non possono essere disciolte, ma in

molti casi vengono prontamente ridotte in piccole particelle, che sono rimosse facilmente. Esse contengono in generale dei materiali calcarei che, quando sono asportati, dànno luogo a cavità e a pori che lasciano penetrare l'umidità. Anche se sono compresse in lamine, cedono spesso all'azione di essa e, se sufficientemente sature, s'incavano a guisa del fango.

Spesso, lungo i fianchi delle valli, le rocce calcaree presentano superficie ripide ed anche verticali (fig. 44. p. 134, Valle di Bienne). Le arenarie ed il granito, in generale, hanno superficie meno scoscese, ed i letti marnosi assumono pendenze sempre più leggiere. Il modo di comportarsi degli strati argillosi dipende maggiormente dalle circostanze; resistono bene se sono convenientemente asciutti, ma sono poco duraturi se vengono inumiditi.

Così varie sono le condizioni, che qualunque montagna, anche se ne vediamo soltanto la cima, ha un carattere ed una individualità tutta propria.

« Il profilo dell'orizzonte — dice Amiel — simula tutte le forme: aguglie, comignoli, merlature, piramidi, obelischi, denti, uncini, creste, corna, cupole : la dentellatura si piega, si raddrizza, si torce, si appunta in mille guise, ma nello stile angoloso delle sierre. Solo i massicci inferiori e secondari presentano delle groppe arrotondate, delle linee sfuggenti e curve. Le Alpi non sono un sollevamento, esse sono uno squarciamento della superficie terrestre. Il granito squarcia il cielo ma non l'accarezza. Il Giura, invece, s'incurva con compiacenza sotto la volta azzurra. »

Nessuna di queste varie forme è accidentale; ognuna ha la sua causa e la sua spiegazione, quantunque non si possa sempre scoprirle.

Naturalmente, la medesima configurazione sembrerà

differente a seconda dei diversi punti di vista. Ciò che sembra una punta acuta è spesso il termine di una catena. Le rocce sedimentarie delle Alpi settentrionali (Rigi, Pilatus, Bauenstock, Sentis, Speer, ecc.) spesso inclinano dolcemente alla sommità, e poscia, ad un tratto, cadono in rupe scoscesa, frequentemente spezzata in una serie di scaglioni, resi più distinti dalle linee di neve. Esse offrono, perciò, una forma paragonata felicemente, da Leslie Stephen, a quella di un leggìo (fig. 84), presentando dei poggi larghi leggermente inclinati, che improvvisamente finiscono con un precipizio ripido e quasi perpendicolare, torreggiante sopra la valle come una muraglia, ad esempio: i Diablerets, il Wildstrubel, il Gadmerfluh, il Claridenstock, il Tödi, il Vorab, il Balmhorn, il Doldenhorn, il Blümlisalp, ecc.

In tali distretti, l'ulteriore denudazione dà ancora origine a catene che terminano a guisa di torri e di denti, talvolta spaventosamente selvaggi, come nell'Engelhörner o nella catena dello Gspaltenhorn. Le Alpi calcaree sono pure caratterizzate dai numerosi terrazzi, pilastri e cornici. Talvolta i precipizi raggiungono 2000 metri, come sulla Jungfrau e sulla gran muraglia dell'Oberland Bernese.

A prima vista, noi potremmo essere disposti ad aspettarci che le rocce cristalline, per la loro durezza e tenacità, sieno meno soggette delle calcaree alla denudazione. E ciò è vero in un senso. Ma, in conseguenza di queste qualità medesime, lo scolo delle acque è principalmente superficiale nei distretti cristallini, mentre nelle regioni calcaree una gran parte dell'acqua piovana sprofonda nel suolo, ed è portata lontano da passaggi sotterranei. Nel nostro paese, noi sappiamo che gli altipiani calcarei, quantunque tagliati lungo i margini da combe profonde, sono raramente intersecati da valli, e

quasi tutte le nostre linee ferroviarie che lasciano Londra, sono costrette a passare sotto gallerie, attraverso il calcare. Così pure nella Svizzera gli strati calcarei formano lunghe catene continue, fra le quali è un meraviglioso esempio la gran muraglia dell'Oberland Bernese.

Un'altra ragione a pro del carattere estremamente erto delle montagne calcaree sta nel fatto che tali strati sono molto rigidi, e mentre rocce argillose a poco a poco si piegherebbero, esse invece si rompono, dando origine a rupi scoscese.

Si suppose una volta, che ogni specie di roccia presentasse una forma montuosa propria e speciale, e questo modo di vedere ebbero anche eccellenti osservatori, come L. von Buch e A. v. Humboldt.

Sarebbe, però, affatto erroneo il supporre che contorni particolari indichino sempre la stessa roccia. Si trovano, invece, le stesse forme in rocce diverse, e forme differenti in rocce della stessa specie. Esse dipendono in gran parte dalla durezza e dall'angolo d'inclinazione, secondo cui giacciono le rocce. Così, le forme torreggianti si presentano nel Granito, nell'Anfibolite, nell'Arenaria, nei Conglomemerati, nell'Hochgebirsckalk, nella Dolomite, ecc. La forma a leggìo, che è tanto frequente negli strati calcarei (v. fig. 70, p. 201), s'incontra pure in alcuni distretti di Gneiss o di Nagelflue, come, ad esempio, nel Rigi (fig. 84). Però, la medesima roccia può offrire un paesaggio molto differente. Il granito assume spesso contorni arrotondati, ma spesso dà pure luogo a selvagge catene a forma di denti o d'aguglie.

Le vette di gneiss a strati dolcemente inclinati sono meno scoscese e meno appuntite, mentre le rocce calcaree, se dure e a ripido pendio, prendono dei contorni

selvaggi ma grandiosi. L'Eiger è forse il tipo più bello d'una montagna calcarea.

D'altra parte, in certi distretti, un'identica struttura geologica dà, in generale, un paesaggio identico.

Gli strati maggiormente inclinati producono, d'ordinario, contorni erti, mentre quelli più orizzontali presentano un paesaggio più domestico.

Pertanto, dove le rocce sono molto resistenti e la denudazione è stata grande, anche gli strati orizzontali possono assumere forme molto scoscese: se ne ha un esempio notevole nel Matterhorn — una montagna abbandonata fra due valli — in cui gli strati hanno appena una debole inclinazione, e pure, per la loro posizione e durezza, ne fanno la montagna più erta e più ripida di tutta la catena. Nei distretti di rocce più tenere mancano, naturalmente, i precipizi scoscesi, le vette intaccate ed i picchi grandiosi; ma è d'uopo invece contentarsi dei paesaggi ridenti e delle ondulazioni gentili.

Un'altra causa per la quale, nei distretti delle rocce sedimentarie e cristalline, il paesaggio viene modificato, dipende dal fatto che le prime si sgretolano con maggiore rapidità, e perciò perdono più presto le superficie arrotondate, dovute all'azione del ghiaccio. Così, risalendo la valle della Reuss, nel mentre si lasciano gli strati più teneri e si passa nel distretto dello gneiss, comincia pure un paesaggio di piccoli poggi arrotondati dal ghiaccio.

Nei distretti calcarei, i terrazzi dovuti alle azioni atmosferiche offrono tratti speciali (fig. 44, 45, pp. 134, 135). Tali terrazzi sono dovuti al fatto, che, avendosi rocce di durezza e tenacia diversa, alcuni strati si logorano più presto, ed inclinano più dolcemente degli altri.

Le rocce cristalline sono, in generale, più omogenee;

si logorano con maggiore uniformità e quindi offrono declivi più regolari e continui. Se ne ha un bell'esempio nel Bristenstock che torreggia sopra la Reuss, presentando per un'altezza di 2500 m. un pendio ininterrotto, sotto l'angolo di 36°.

I terrazzi, dovuti alla degradazione meteorica, sono in particolar modo distinti secondo certe luci, e specialmente d'inverno, quando la neve ricopre le pendici più leggiere. Anche d'estate, però, il contrasto della vegetazione è spesso meraviglioso, poichè alcune linee sono contrassegnate da verzura lussureggiante e da cespugli, mentre alcune altre sono relativamente brulle. Sul granito e sullo gneiss un buon montanaro può andare quasi dovunque, ma sopra montagne a strati sedimentari è trattenuto, di quando in quando, da un precipizio insormontabile.

Al postutto, quando si guardino di lontano, le forme delle montagne sedimentarie sono più considerevoli, più rotte, e, per così dire, più individualizzate.

Fig. 70. Catena del Gauli. Profilo della catena dal Bächlistock all'Hühnerstock, dove si osservano i picchi di granito ed il pendio a forma di leggìo degli strati calcarei che formano l'Hühnerstock.

I Massicci Centrali cristallini hanno forme molto differenti. Le forme a leggìo, i terrazzi, i pinnacoli e le cornici spariscono per dar luogo a piramidi grandiose. Inoltre, le vette sono più intaccate e dentellate. La figura 70 mostra il contrasto fra una vetta cristallina dentellata ed un'altra, a forma di leggìo, di strati calcarei.

Anche sulla sommità della Jungfrau, il contrasto fra lo gneiss della cima e le sottostanti rocce calcaree è molto spiccato.

Nello splendido panorama che si vede da Berna, si possono prontamente distinguere i montuosi picchi cristallini (Finsteraarhorn, Schreckhorn, Breithorn, Tschingelhorn, ecc.) dalle montagne calcaree, (Blümlisalp, Doldenhorn, l'Aletsch, ecc.). La diversità del carattere è pure ben saliente se si rimonta la valle della Reuss, da Fluelen ad Andermatt.

In somma, le catene calcaree delle Alpi sono più selvagge, le cristalline sono più grandiose.

Lo Gneiss tipico offre spesso contorni gentili e arrotondati, mentre lo gneiss sericitico ed i Micaschisti che talvolta somigliano strettamente allo gneiss, mostrano in generale grande facilità a rompersi in forme acute, in vette dagli orli a coltello, in forme molto selvagge, sē forse, meno sublimi. L'Oberland Bernese deve la sua grande altezza media e la varietà del suo paesaggio alla combinazione dello gneiss con strati calcarei, e per conseguenza esso, come i Pirenei, non costituisce una catena uniforme, ma una serie di montagne individuali, con qualcuna delle forme più grandiose. In questo distretto, lo gneiss è invertito su gli strati secondari che in tal modo protegge, e ne risulta che le forme, dovute alla degradazione atmosferica delle due sorta di strati, si trovano fra loro in giuoco, e producono varietà senza fine.

Il Granito è riguardato dai poeti come resistente in particolar modo, ed è descritto come

stern, unyielding might,
Enduring still through day and night
Rude tempest shock and withering blight [1].

---

[1] ..... austera, inflessibile potenza, che giorno e notte affronta, immobile, l'urto aspro e rovinoso del turbine.

Nondimeno, come fatto certo, i graniti sono ordinariamente molto suscettibili di disgregazione. Le montagne granitiche tendono a forme gentili, arrotondate e massicce.

La pioggia, e specialmente l'acqua carica di acido carbonico, agisce profondamente sul granito, ed in molte cave, dove esso sembra abbastanza solido, lo si trova disgregato a profondità considerevole, ed anche cangiato in sabbia sciolta. Questa è prodotta dal Feldspato; dopo la decomposizione dei sali alcalini di Soda e di Potassa per opera dell'acido carbonico, rimangono liberi il Silicato d'Alluminio, la Mica ed il Quarzo. Ciò sembra, a prima vista, incoerente col fatto che le catene di granito sono spesso intaccate in modo particolare, ma in tali casi il granito ha una grande inclinazione, ed i detriti sono rimossi non appena si formano.

In altri casi, il granito mostra una tendenza ad essere eroso in scaglie convesse, ma alquanto piatte, ed a fendersi in due o anche tre direzioni diverse; inoltre, ad intervalli più o meno regolari, esso si divide in strati orizzontali, originando in tal guisa massi romboidali o pilastri. Il granito che possiede tale struttura, assume spesso forme molto ardite e selvagge.

Il Protogino, sebbene tanto simile al granito, presenta in generale un paesaggio diverso, rompendosi facilmente in aguglie, con piani divisionali più distinti. Il protogino con struttura verticale della catena del Monte Bianco, per esempio, ha un aspetto ben diverso dalle catene composte di vero granito.

Le « Aguglie » formate dagli Schisti Cristallini, come quelle nel distretto del Monte Bianco, rassomigliano, a prima vista, a picchi di Dolomite. Però, le linee trasversali non sono continue e le sommità sono ancora più appuntite, quantunque in molti casi (ad

esempio, l'Aiguille de Charmoz) ciò che sembra un'aguglia appuntita è una cresta lunga e stretta. I materiali sono fra i più duri che esistano.

Lo Schisto Hornblenda è talvolta affatto pallido, talvolta molto scuro; spesso diventa rossiccio per il disfacimento del silicato di ferro, e perciò molte montagne costituite di tal roccia sono chiamate Rothorn, Rothfluh, ecc. Essa forma creste erte ed acute e picchi squarciati, selvaggi, ed a punta.

Il Porfido, sebbene piuttosto raro, occupa una estensione considerevole nelle vicinanze di Bolzano, formando una striscia irregolare che corre da nord a sud, per la lunghezza di 40 miglia con 12 di larghezza, ed è attraversata dall'Adige. Le grandi pareti della roccia d'un color rosso-porpora scuro, rivestite qua e là di cespugli e con grandi altipiani della più ricca verzura, producono una scena lussureggiante e bella in modo singolare, specialmente quando le loro tinte sono rinforzate dal rosso del sole che tramonta. Belle in tutti i tempi, vi è allora un non so che di quasi non terrestre nel loro splendore, e chiunque abbia fatto un viaggio di sera da Merano a Bolzano, o da Bolzano per la gola del Kuntersweg, conosce quali tesori di colorazioni possono procurare le Alpi.

La Dolomite è un calcare con magnesia. L'aspetto delle montagne dolomitiche è stato felicemente paragonato ad un'opera in rovina, e spesso è difficile credere che le sommità dei picchi e delle vette dolomitiche non sieno coronate da torri cadenti, da castelli e da mura fabbricate dall'uomo.

È caratteristica una formazione colonnare quadrata. Il complesso della figura mostra linee trasversali e verticali, correndo le prime più o meno continue attraverso l'insieme. « I contorni dentellati delle creste hanno tratti

speciali per essere riconosciuti. Il contorno è di solito « merlato », per usare un'espressione tolta all'araldica. I colori sono splendidamente belli; predomina il color crema e il grigio, ma senza esclusione degli altri. Al tramonto del sole, essi sono quasi ultra-terrestri » [1].

Il Giura superiore offre valli con un aspetto molto caratteristico. Esso ha un declivio ripido da 40° a 60°; ma quando l'inclinazione non supera i 45°, è coperto di un suolo vegetale e spesso rivestito di abeti. Invece, i pendii con inclinazione maggiore, nudi ed aridi, conosciuti col nome di « Châbles » o « Ravières », hanno un aspetto di rovina e di desolazione, che contrasta spesso spiccatamente con la brillante vegetazione inferiore.

Nei distretti calcarei, la superficie è alle volte affatto brulla ed intercalata da solchi, che raggiungono una profondità di parecchi piedi, e talora anche superiore ai 9 metri. Tali distretti sono denominati « Lapiées » o « Karren ». Se ne può vedere un bell'esempio ad Axenstein, sopra l'Albergo, sul lago di Lucerna, dove una parte della roccia è stata scoperta. Un altro è al Kurhaus, sul Brunig. Rollier cita un grande masso erratico sul Lapiée di Bonjean presso Bienna, che ha protetto la roccia sottostante, di modo che riposa sopra una superficie piana, nel mezzo del lapiée. La Hohle Stein, presso Donanne, è un altro caso dello stesso genere.

I Lapiées o Karren sono estremamente sterili, ma la roccia contiene in generale qualche piccola percentuale di argilla, che, trasportata nelle cavità, alimenta una scarsa vegetazione.

Il Flysch presenta pendii uniformi e leggieri. Il Nagelflue, nel caso famigliare del Rigi, è una illustrazione della forma a leggìo, con un ripido pendio verso la

---

[1] Dent, *Mountaineering*, Badminton Library.

Baia di Küssnach, ed un declivio leggiero che segue l'inclinazione degli strati, dal Rigi Kulm allo Schiedeck. In altri casi, il Nagelflue dà luogo ad un rilievo molto complicato, formando talvolta nodi montuosi, da cui irraggiano valli in tutte la direzioni. Gole profonde con rigonfie pareti perpendicolari o quasi a picco, e terminazioni brusche, s'incontrano molto frequentemente nei distretti del Nagelflue, come, ad esempio, a nord del lago di Thun, sullo Speer, ed altrove.

Le regioni che hanno subìto l'azione del ghiaccio, presentano due tipi totalmente distinti di paesaggio; uno centrale e superiore, costituito da rocce brulle e sterili a contorni arrotondati; l'altro, formato da un anello periferico di detriti, in mucchi sparsi od in lunghi terrapieni.

Questi depositi morenici conferiscono un carattere particolare al paesaggio: il paese è differenziato ed irregolare, sconvolto in cumuli confusi e in depressioni che spesso contengono piccoli laghi, essendo la morena inferiore, o quella di fondo, molto impermeabile. Essi si trovano specialmente nei distretti ben forniti d'acqua, e la ricca rete dei fiumi prende spesso delle direzioni molto tortuose. Desor ha felicemente caratterizzato simili distretti, con le parole « un paysage morainique ».

Il paesaggio viene ancora molto modificato dall'influenza che i diversi strati esercitano sulle correnti e sulle sorgenti. Per esempio, in una regione di dura roccia impermeabile si hanno numerosi ruscelletti, che a poco a poco si uniscono in correnti sempre più grandi, mentre in un distretto calcareo, specialmente se ha spaccature, s'incontrano, come in alcuni luoghi del Giura ed altrove, delle grandi plaghe, dove le correnti son poche e invece copiose le sorgenti, che portano l'acqua alla superficie da qualche strato più impervio. Un'occhiata a qualunque

carta geologica mostrerà che i distretti, occupati dalle rocce del Giura Superiore, sono in special modo privi d'acqua, poichè manca per molte miglia quadrate il più piccolo ruscello.

La distribuzione delle sorgenti influisce naturalmente su quella dei villaggi. Così, in parecchie valli del Giura si trova una fila di casali, lungo la testata degli Strati impervii di Purbeck.

L'influenza delle diverse rocce sopra la vegetazione costituisce un altro modo, secondo cui esse agiscono sul carattere del paesaggio. Il contrasto principale è fra le rocce cristalline e gli strati calcarei.

La Dolomia cavernosa offre fertili pascoli, come nel Giura inferiore e medio, in causa della quantità di marna che essi contengono.

Le rocce Cretacee forniscono un erbaggio dolce ma non abbondante, e solo il Lias è moderatamente favorevole alla vegetazione. I distretti Urgoniani sono sterili e aridi, ed anche da lungi si possono distinguere da quelli del Neocomiano, che sostengono una vegetazione lussureggiante.

Il Flysch, invero, alimenta una vegetazione vigorosa, ma, relativamente, di piccolo valore; in generale, i declivi son coperti di erbe secche e scope, mentre il piano è paludoso.

Spesso, sopra morene si trovano piante delle Alte Alpi, non tanto per qualche particolarità del suolo quanto perchè esso proviene dalle alture.

Generalmente i talus sono nudi per il movimento continuo che non lascia alle piante il tempo di crescere.

FRANE.

Le pietre cadenti costituiscono uno dei pericoli più grandi delle Alpi. Tyndall rimase offeso e Gerlach venne ucciso da una di esse. Molti passaggi, per tal motivo, non possono essere praticati senza molto rischio, e quello antico sul monte Bianco, scoperto la prima volta da Balmat, dovette essere abbandonato per un'altra via più lunga, ma più sicura.

Molti dei fianchi più scoscesi delle valli, come, ad esempio, quelli fra Martigny e il lago di Ginevra, sono solcati da correnti di pietre che, come quelle d'acqua, hanno al disopra il loro fondo di raccolta, il loro canale regolare, ed un cono di deposito in basso, con un angolo d'inclinazione, però, molto maggiore di quello d'un torrente. Molte superficie rocciose hanno alla base un talus continuo, formato dalle pietre cadute, con un angolo di circa 30°, e che talvolta si è innalzato quasi fino alla sommità.

Lungo le valli delle Pleiadi e del Niremont che fanno capo sul lago di Ginevra a Montreux, i detriti dei due fianchi s'incontrano nel centro e raggiungono uno spessore considerevole. Uno degli esempi più belli è quello al piede dei Diablerets, dove il talus, o scarpa, si eleva da 2035 metri a circa 2400 metri [1].

Il Glärnisch è pressochè circondato da frane sul fianco settentrionale ed orientale. Per la maggior parte esse sono di età interglaciale, e ad una di esse è dovuto il lago del Klön Thal.

Nei detriti delle frane, gli orli delle pietre riman-

---

[1] RENEVIER, *Beitr. z. Geol. k. d. Schw.* LXVI.

gono vivi ed angolosi; sopra molte di esse, nei punti in cui si premevano durante la discesa, la superficie porta tracce di urti, di cavità e di impressioni. Giacciono in grande confusione, grandi e piccole insieme, dalla polvere più fina a rocce più grandi di una casa. Talvolta i materiali, che in origine erano sciolti, sono stati in seguito cementati in breccia. Questa presenta una superficie molto irregolare e spesso offre dei laghi, come a Sierra nel Vallese e a Flims sul Reno.

Fra Lucerna e Brunnen, dalla linea del San Gottardo, si osserva molto bene la frana di Goldau che si staccò dal Rossberg nel 1806, e fu illustrata dal Ruskin [1].

Ancor più disastrosa fu quella di Piuro (Plurs) in Val Bregaglia, nel 1618. Dopo gravi piogge, una gran parte del fianco di Monte Conto cadde improvvisamente nella valle, e di 2000 abitanti pochissimi scamparono.

A Flims (« Ad flumina », così detto dal numero dei corsi d'acqua e delle sorgenti) la strada si eleva molto al disopra del Reno passando su un'antica frana, che è la maggiore in tutta la Svizzera, e molto più considerevole di quella di Goldau. Essa sbarrò la valle, formando in tal guisa un lago [2], ed il Reno non l'ha ancora completamente attraversata. I detriti, caduti dal Flimserstein, si innalzano all'altezza di 700 metri sulle due sponde del fiume, e constano principalmente di Malm frammisto a massi di Dogger, di Verrucano, ecc. Pare che la caduta

---

[1] *Modern Painters*, vol. IV.

[2] In Italia è noto che il lago di Alleghe, sopra Agordo, deve la sua origine ad una frana, staccatasi nell'aprile del 1771 dal monte Spitz, la quale travolse i tre villaggi di Ariete, Fucine e Merin.

(*N. d. T.*)

abbia avuto luogo fra la prima ed ultima grande estensione dei ghiacciai. Come in tutte le frane, la superficie è molto ineguale, e nelle cavità ci sono parecchi bei laghi. E sotto Reichenau, le alture isolate nella valle, possono essere porzioni di un'altra frana, o forse «gobbe» di roccia solida, lasciate dal fiume.

Fra le altre frane maggiori possono essere menzionate quelle di Antrona Piana, staccatesi il 26 giugno 1642 e che distrussero la chiesa parrocchiale e molte case, causando pure molte perdite di persone; quelle dei Diablerets nel 1714 e nel 1749; di Montbiel, nel Prättigau, nel 1804; dei Dents du Midi nel 1835, e quella di Elm nel 1881. Il grazioso laghetto di Chède, sulla strada fra Ginevra e Chamounix, fu colmato da una frana nell'anno 1837.

Nè devono tacersi affatto gli scivolamenti di roccia. Talvolta il movimento è continuo, quantunque lentissimo. Nelle catene del Gumfluh, fra Château d'Oex sulla Sarina e i Diablerets, composti di dura roccia calcarea sulla quale la vegetazione stessa si stabilisce con molta difficoltà, il cono di talus discende lentamente verso la valle, quasi come un fiume [1].

Anche a Soglio, in Val Bregaglia, una massa di detrito, caduta essa stessa dai precipizi più scoscesi, si mosse per lungo tempo e, probabilmente, anche adesso si muove con lentezza verso il basso. Gli abeti che vi crescono sopra non sono verticali, ma obliqui fra loro, ad angoli diversi, ed alcuni sono quasi prostrati. Le rocce sottostanti (gneiss e micaschisto) sono inclinate, in guisa che gli orli ritardano il movimento che, in caso diverso, sarebbe più rapido e più pericoloso.

---

[1] Favre and Schardt, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXII.

Theobald racconta che nell'estate del 1861, al tempo della fusione delle nevi, trovandosi in escursione geologica presso lo Schwarzhorn nei Grigioni, a poco a poco s'accorse intorno a sè di uno strano muggito e d'un rumore come di cosa che andasse in rovina. Dapprima vi fece poca attenzione, ma infine notò che tutta la superficie sulla quale egli si trovava, andava scivolando verso il basso. Egli scappò quanto più lesto potè, ma il movimento continuò e, circa un quarto d'ora dopo, una gran massa della lunghezza di 20 o 30 passi precipitava in un dirupo (1).

PIRAMIDI DI TERRA.

Semprechè un deposito di materiali relativamente sciolti si trovi insieme con massi duri o con strati, si ha una tendenza alla formazione delle piramidi di terra, le quali sono dovute alla protezione che un masso, più o meno tabulare, di sostanza dura esercita qua e là sui materiali più sciolti. La riunione più degna di nota di simili pilastri di terra, descritta ed illustrata da Lyell, si trova presso Klobenstein, nella valle del Katzenbach, presso Bolzano (2); quelli sopra Viesch e ad Useigne, nella valle di Hérens, ne sono altri classici esempi.

(1) *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. II.
(2) *Prin. of Geol.* vol. I.

CAPITOLO XI

IL GIURA.

Il Giura forma una curva alquanto simile a quella delle Alpi, dapprima in direzione da nord a sud, e poscia da sud-west a nord-est. Esso si divide in due sezioni ben distinte: il Giura Tabulare e il Giura Piegato [1].

GIURA TABULARE.

Il Giura Tabulare consta di due tratti relativamente piccoli, l'uno a nord-est e l'altro a sud-west, che sono sfuggiti alla compressione e risultano di strati quasi orizzontali.

Nella figura 71, le antiche montagne della Foresta Nera ed i Vosgi sono indicati a N. E. e a N. W., e fra le due linee punteggiate si trova l'area di depressione che ora forma la vallata del Reno. Il Dinkelberg è un distretto a sud della Foresta Nera, che si è abbassato in qualche modo, ma non così tanto come la

---

[1] Müller, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. I.

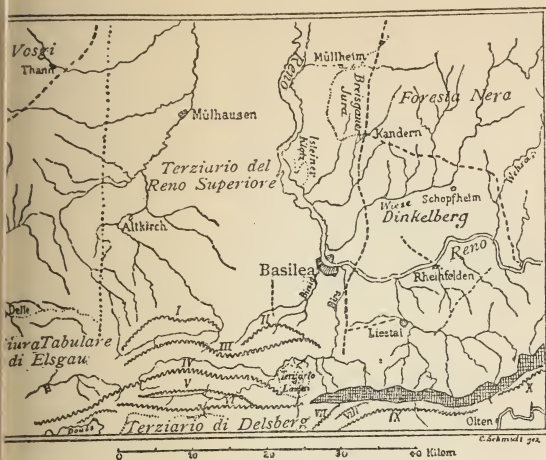



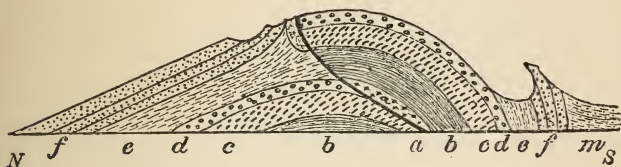
Fig. 71. Dintorni di Basilea. 1 = 1,000,000.

valle del Reno. Il Giura Tabulare di Argovia giace a sud del Dinkelberg, ed il Giura Tabulare di Elsgau (1) a sud dei Vosgi. Fra essi, a sud della valle del Reno, il Giura mostra una serie di pieghe. Le antiche rocce cristalline della Foresta Nera e dei Vosgi si continuano probabilmente a sud sotto gli strati giuresi, e, come suggerisce Mühlberg, possono averli protetti dal piegamento e dalla contorsione, in quanto che si trovavano più lontano a sud. Ed a confermare questo modo di vedere, è interessante notare che l'orizzontalità degli strati cessa dirimpetto all'area abbassata della valle del Reno, dove i piegamenti pervengono, verso nord, all'orlo della valle.

(1) Nome tedesco di *Ajoie*. La « Plaine d'Ajoie » si stende tra Belfort e Delle.

(*N. d. T.*)

Fig. 72. Profilo della galleria del Botzberg.

Alla linea di contatto fra il Giura Tabulare ed il Giura Piegato, gli strati di questo si trovano, generalmente, più o meno sopra gli orli degli strati Tabulari, come vedesi nella figura 72, che ne rappresenta la congiunzione nella galleria del Botzberg, presso Brugg.

Sezione attraverso il Wannenfluh (secondo Mühlberg.)

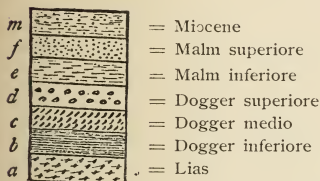



Fig. 73. Sezione attraverso il Wannenfluh.

La figura 73 offre una sezione del Wannenfluh, la montagna all'est della chiusa che mena da Balstatt ad Oensingen fra Soletta ed Olten, ed è evidente che gli strati a sud sono stati spinti alquanto sopra quelli a nord.

Questa « zone de recouvrement », come è chiamata dai geologi svizzeri, è indicata dalla cintura segnata con linee oblique nella figura 71. Essa si estende da Meltingen (a S. E. di Laufen) fin presso Baden nell'Argovia per Reigoldswil, Oltingen e Botzberg. Il rovesciamento indica che la pressione venne da sud.

GIURA PIEGATO.

Nel Giura Piegato si contano 160 ondulazioni e circa 15 pieghe principali, quasi parallele l'una all'altra. Però, queste non si estendono per tutta la lunghezza del distretto. Esse, più numerose verso sud-west, dove se ne contano dodici, vanno gradatamente riunendosi verso il nord-est. Sebbene altre ne appariscano di quando in quando, il loro numero si riduce a poco a poco, fino ad aversi una sola anticlinale, la quale, attraversata la Reuss e formando la chiusa a sud di Brugg, finalmente scompare a Regensberg, a nord di Zurigo.

Le pieghe del Giura orientale sono le più intense, mentre, d'altra parte, quelle dell'west sorpassano quelle del centro. In tutti i casi, il valore della compressione è approssimativamente lo stesso — circa 5000 metri, aumentando l'intensità delle pieghe a mano a mano che ne diminuisce il numero.

Questa suddivisione e riunione delle pieghe che è tanto manifesta nel Giura, è pure frequente nelle Alpi e, invero, nelle catene piegate in generale.

Un'occhiata a qualunque carta ne mostrerà che il Giura è costituito da una serie di alture e di valli, dirette approssimativamente a sud-west e a nord-est.

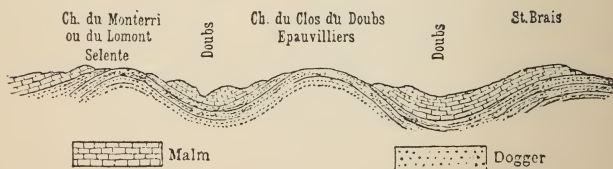



Fig. 74. Sezione attraverso il Clos du Doubs.

Queste alture e queste depressioni sono dovute, sopra tutto, alla compressione ed alle conseguenti ondulazioni degli strati, come si scorge nella figura 74, la quale ne dà una sezione da N. W. a S. E., un po' a sud di Porrentruy, in vicinanza del notevole gomito del Doubs, e attraverso i due rami del fiume.

Da essa si rileva che le valli sono sinclinali e che l'azione dell'acqua vi è stata soltanto debole.

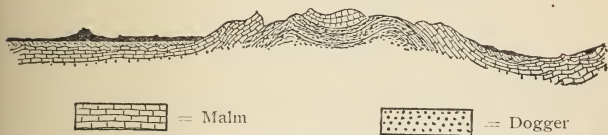



Fig. 75. Sezione dalla valle di Délemont a quella di Moutier.

Nella figura 75 che rappresenta una sezione attraverso il Mont de Moutier, dalla valle di Délemont a quella di Moutier, si scorge ancora che un po' del tratto più basso è una sinclinale.

Fig. 76. Profilo della valle di Locle.

q, Quaternario; *mx*, Oeningiano; *mm*, Molassa marina; *cv*, *cn*, Neocomiano; *Po*, Portlandiano; *Pt*, Kimmeridgiano; *As*, Sequaniano: *Jm*, Oxfordiano.

La figura 76 offre un caso di valli vicine, una delle quali (Le Locle) è una sinclinale, l'altra (Entre-Deux-Monts) un'anticlinale.

Nei due esempi summentovati, la configurazione della

superficie, la disposizione delle alture e delle valli, la direzione dei fiumi e delle montagne corrispondono strettamente con la struttura geologica.

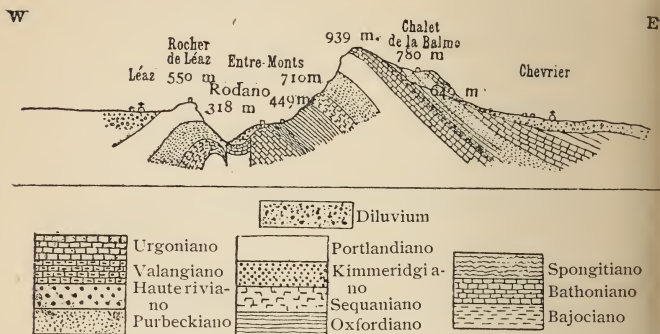



Fig. 77. Sezione attraverso il Vuache.

La figura 77 rappresenta una sezione del Vuache e mostra che esso è la metà di un'anticlinale, essendosi la parte occidentale abbassata di circa 1000 metri. Il Rodano corre lungo il salto. In questo caso il salto è quasi verticale, ma, in altri casi, un labbro è spinto più o meno sopra l'altro. Generalmente, ma non sempre, i salti, nel Giura, si palesano alla superficie.

La Salève (fig. 78), che forma a Ginevra quasi una curiosità, è un arco fratturato alla sommità e ripidamente inclinato al nord-west.

Mentre la maggior parte delle valli di fiume, inclinano ad un estremo, perchè dovute principalmente all'erosione, quelle del Giura risultano così interamente da cause geologiche, che talvolta sono orizzontali od anche più basse nel mezzo, e, in parecchi casi, sono chiuse ai due estremi. Ne segue perciò, che esse sono, per lo

più, valli asciutte, ovvero hanno corsi d'acqua, diretti dai due estremi verso il centro.

Così fra Biel e Délemont si ha la val di St. Imier, nella quale la Suze, correndo ad est, incontra il fiume che vien giù dalla Comba di Péry, ed insieme con esso trova un'uscita, attraverso la Chiusa di Péry, a Biel. Un po' a nord c'è la val di Tavannes, dove ancora due fiumi, l'uno dal N. E. e l'altro — la Birse — dal S. W., s'incontrano a Court e trovano uno sbocco verso nord, per Moutier a Délemont. La stessa valle di Délemont ne è un altro caso. Due fiumi, uno dall'est, un altro — la Sorne — dall'ovest, incontrano la Birse presso Délemont e corrono a N. E. attraverso un'altra chiusa.

Fig. 78. Profilo trasversale della Piccola Salève. 1 = 25,000.

In tal modo il Giura è attraversato da quattro principali valli trasversali o chiuse.

Probabilmente, in un tempo, le valli longitudinali furono colmate dalla molassa, ed alcune forse formarono dei laghi, come ad esempio, i piani presso Pontarlier, Délemont, la Val St. Imier, ecc. Parecchie alture si tro-

vano fra Délemont e Soletta, che sono tagliate dalle « chiuse » della Birse e della Sorne. Immaginando abolite tali chiuse, si formerebbero dei laghi, i quali, riempiendosi a poco a poco, scorrerebbero eventualmente dove ora sono le chiuse, che, in tal guisa, verrebbero di nuovo scavate. Un tal fatto spande luce sui casi, che non sarebbe facile spiegare in altro modo, in cui, in valli vicine e parallele, le correnti hanno direzione opposte. La valle di Entraches, ad esempio, a nord-est di Pontarlier, corre parallela a quella del Doubs, ma l'Entraches si dirige da N. E. a S. W. e il Doubs da S. W. a N. E. Anzi, lo stesso Doubs, dopo aver corso verso N. E. fino a St. Ursanne, fra rocce alte da 250 a 300 metri, fa un gomito straordinario. Fin qui il corso è stato principalmente verso N. E., ma a St. Ursanne piega a W. S. W., racchiudendo un'altura conosciuta sotto il nome di Clos du Doubs (fig. 74).

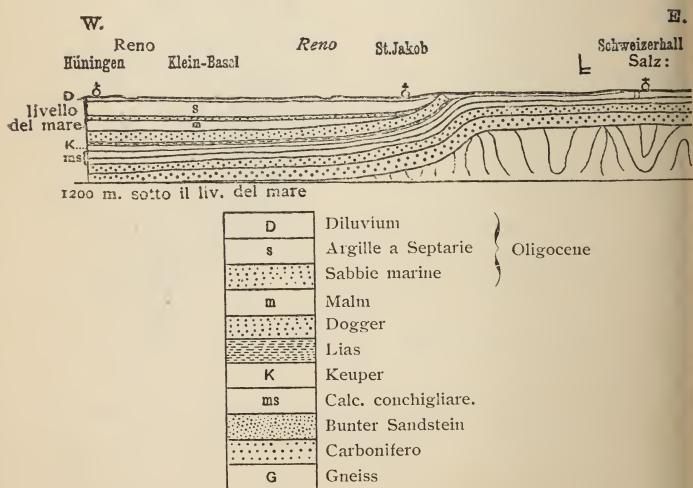



Fig. 79. Sezione attraverso la valle del Reno.

La valle del Reno, da Basilea verso nord, è di origine relativamente recente, poichè è dovuta ad una depressione che ha separato la Foresta Nera dai Vosgi. Proprio a sud di Basilea, i letti di Anidrite che a Bettingen sono a 400 metri sul livello del mare, ad Hüningen si sono abbassati a 600 metri sotto di esso; un abbassamento di 1000 metri nello spazio di circa 5 miglia.

A St. Jacob, presso Basilea, si ha una sezione come

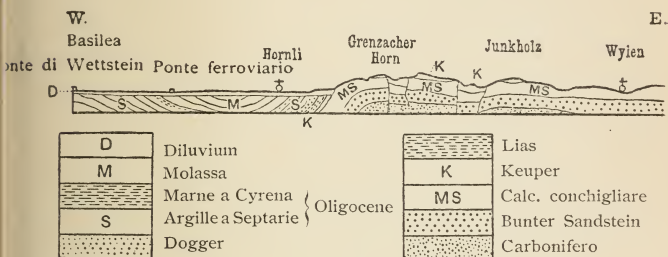



Fig. 80. Sezione attraverso la valle del Reno a Basilea.

nella figura 79. Più oltre, verso il nord, l'abbassamento è più profondo e gli strati sono fratturati (fig. 80). A Kandern la depressione ammonta a 1500 metri.

L'abbassamento della valle del Reno, presso Basilea, fu senza dubbio un processo lento. Cominciò, probabilmente, prima o verso il principio del periodo glaciale, prima del qual tempo l'intera area di scolo del paese deve (v. *ante* pag. 169) essere stata del tutto diversa dall'attuale.

Il limite orientale della depressione della valle del Reno continua apparentemente lungo la linea trasversa Mümliswyl-Balsthal. Anche qui, il labbro più basso del salto è all'west. D'altra parte, il limite occidentale della valle del Reno, quantunque ciò sia meno certo, può

probabilmente farsi corrispondere con le valli trasversali che passano per Delle, Porrentruy e per St. Ursanne, continuando possibilmente per Sonceboz fino a Biel.

La scelta di Pontarlier per la strada ferrata fu determinata da uno degli eventi geologici che ha maggiormente esercitato la sua influenza sulla catena del Giura. Il rigetto, che comincia in direzione della valle della Loue e passa attraverso di essa all'estremo orientale di Mont Tendre, è stato utilizzato da fiumi, da strade e da linee ferroviarie. Esso si dirige pressochè direttamente da sud a nord, e tutte le pieghe anticlinali e sinclinali d'ambo i lati della linea mostrano una dislocazione, che talvolta ammonta a 2 o 3 chilometri.

Il Giura è molto povero di fiumi e di correnti. Esso consta principalmente di strati calcarei, spesso molto spaccati, in guisa da permettere all'acqua piovana di sprofondare nel suolo e riapparire spesso in copiose sorgenti (denominate « sorgenti valchiusine », da una delle più celebri), dove qualche strato impervio la riporta alla superficie.

In parecchi casi la disposizione delle catene ed il carattere della roccia son tali, che le correnti non hanno un'uscita naturale, e, dopo un corso più o meno lungo sotto terra, riappariscono a qualche distanza. Così, l'Orba comincia in una valle chiusa. La parte superiore o Valle di Joux, è doppia, avendo un ramo senza fiume alcuno, ad eccezione d'un piccolo ruscello che corre al lago di Ter. Il ramo meridionale è attraversato dall'Orba Superiore che sbocca nel lago di Joux e in quello di Brenet, che ne è la sua continuazione. Nessuno di questi due laghi ha uno sbocco aperto, ma le acque sfuggono per un passaggio sotterraneo e ritornano alla luce sopra Vallorbes.

Ciò fu sospettato da lungo tempo, ma fu eventualmente provato nel 1893 dal signor Picard, col versarvi un po' di fluorescina, la quale riapparve dopo 30 ore alla risorgente dell'Orba. [1]

D'altra parte, la valle di La Brevine è una sinclinale di roccia cretacea, circondata da rocce giuresi, ed interamente chiusa. Le acque sfuggono attraverso parecchi gorghi o « emposieux », che qualche volta restando otturati, cagionano l'inondazione della valle.

È stato suggerito, come già menzionammo, che prima dell'abbassamento della valle del Reno a Basilea, che aprì una nuova via verso il nord, il Reno apparteneva al sistema fluviale del Danubio: si ha pure qualche dato per pensare che in un periodo successivo esso continuasse il suo corso, a W. S. W., alla Saona, e che la valle del Doubs sotto St. Ursanne sia in realtà un antico letto del Reno. Tuttavia, questo punto così interessante può essere solo determinato da prove ulteriori.

Il limite meridionale del Giura forma il gran muro montuoso che dal lago di Ginevra verso nord-est fino a Berna, a Friburgo, ad Aarau, può vedersi disteso lungo il nord, senza interruzione, dal Fort de l'Ecluse

---

[1] L'impiego delle sostanze coloranti, per questo scopo, non è nuovo. Già Kopp, fin dal 1877, volendo rintracciare le relazioni esistenti fra il lago di Costanza, il Reno e il Danubio, dopo aver gettati parecchi chilogrammi di fluorescina nel Danubio, potè vedere, dopo 60 ore, apparire la colorazione verde nelle acque dell'Aach, affluente del lago di Costanza. Anche in Italia, cinque anni fa, De Agostini e Marinelli constatarono, ricorrendo all'uranina, la comunicazione della sorgente della Pollaccia, da cui si voleva trarre l'acqua potabile per Firenze, con le acque di altri canali che avrebbero potuto inquinarla.

(*N. d. T.*)

(dove il Rodano attraversa il Monte Vuache) fino a Montricher, presso La Sarraz.

Alcuni distretti del Giura hanno sofferto grandemente per la sregolata distruzione delle foreste, come, ad esempio, certe parti di Mont Tendre, i cui declivi aridi e sterili erano una volta rivestiti di vegetazione lussureggiante. Sfortunatamente va diventando evidente che molte delle terre arabili e dei pascoli che, con gran lavoro e dispendio, furono derivati dal bosco primitivo, dovranno di nuovo esser messe a foresta, con fatiche forse maggiori.

Nelle montagne del Giura si trovano parecchie interessanti caverne, che, spesso, la tradizione popolare associa con le fate, come il « Temple aux Fées » presso Longeaigues; la « Grotte aux Fées » presso Vallorbes; i « Beaumes de la Côte aux Fées » ecc. La Grotta di Remonot, sul Doubs, fu per lungo tempo impiegata come chiesa del villaggio.

Presso Moutier, nel preparare le fondamenta di una chiesa, si trovarono in una spaccatura che si produsse nei letti del Giura Superiore, molte ossa di quadrupedi Eocenici, fra i quali tre specie di *Paleotherium*. E fessure simili con fossili Eocenici s' incontrarono ancora ad Egerkingen, ad Ober-Gösgen ed altrove, indicando che al tempo dell'Eocene, qui esisteva terraferma ([1]).

Il celebre asfalto della valle di Travers (fig. 81) viene principalmente da strati Urgoniani. La valle è una sinclinale, limitata, però, a S. E. da un salto che porta gli strati più recenti, da quelli di Portland alla Molassa, direttamente contro il Malm.

([1]) Müller, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. I.

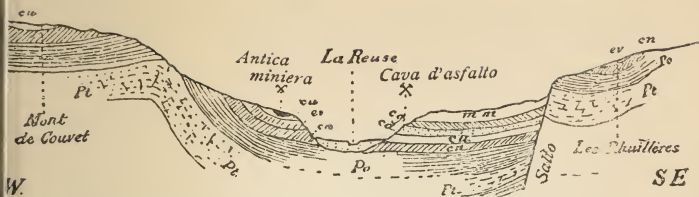



Fig. 81. Profilo della valle di Travers (secondo Jaccard).

A, Alluvione; *m*, Molassa; *cg*, Gault; *ca*, Aptiano; *cu*, Urgoniano con asfalto; *cn*, Hauteriviano; *cv*, Valangiano; *po*, Portlandiano; *pt*, Kimmeridgiano.

Come già menzionammo, il grande foglio di ghiaccio che nel periodo glaciale si stendeva su tutto il piano centrale della Svizzera, si elevava a grande altezza sui declivi del Giura. Il ghiacciaio si elevò anche sopra più d'uno dei colli, ed avanzò nelle valli interne, come, ad esempio, da Romainmotier, nella valle di Vaulion. La valle di Travers è stata per lungo tempo celebre per il numero dei massi erratici che contiene. In molti luoghi le rocce sono stritolate e levigate per opera dei ghiacciai.

A Basilea, il Reno corre sopra un letto di ghiaia di 30 metri almeno di spessore, e le colline che lo fiancheggiano sono coperte, fino ad un'altezza di 100 metri, da una marna gialla, fina, sabbiosa, detta « loess » [1].

Invero, le valli, nella maggior parte, furono una volta molto più profonde che ora non siano. I fondi sono colmati da ghiaie e da alluvioni, indicando la presenza di barriere che ora sono ricoperte. I depositi di alluvione raggiungono sovente un grande spessore. Presso Travers si dovette abbandonare la proposta di

(1) Müller, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. i.

un ponte ferroviario, per la difficoltà di ottenere un fondamento sufficientemente stabile [1].

LAGO DI NEUCHÂTEL.

Il lago di Neuchâtel ha circa 24 km. di lunghezza e 6 km. di larghezza. È alto 435 metri sul livello del mare ed è profondo 153 metri. Perciò, a meno che i letti di ghiaia dell'Aar non abbiano una profondità di circa 150 metri, esso pure è un bacino in roccia. Esso è circondato da paludi che coprivano 50,000 acri, ma ora una buona parte dell'area è stata prosciugata.

Il lago di Neuchâtel formava, una volta, un solo specchio d'acqua con quello di Bienne. Invero, il primo si stendeva da Orbe, all'ovest, a Soletta, all'est. Il bacino è formato da una, o piuttosto due, delle valli longitudinali del Giura. Io dico due, poichè una catena di Molassa marina, che comincia dalla collina di Chamblon presso Yverdun, corre lungo la parte media del lago, forma il Jolimont fra il lago di Neuchâtel e Bienne, e continuando lungo la parte centrale del lago di Bienne, si eleva a più di 122 metri, apparendo alla superficie come Isle de St. Pierre. Infatti se si riducesse il livello dell'acqua, i laghi di Neuchâtel e di Bienne diventerebbero due laghi molto stretti; mentre, se l'acqua si elevasse, ne formerebbero uno solo con quello di Morat.

[1] Jaccard, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. vi.

CAPITOLO XII

LA PIANURA CENTRALE.

A sud-est del Giura si trova il gran piano centrale della Svizzera. Esso è un piano soltanto in opposizione con le montagne che lo circondano, ed in altri paesi sarebbe riguardato come un'elevata regione collinesca. In grazia delle sue condizioni geologiche e climatiche è una delle parti più ricche e più belle d'Europa.

Esso si estende in direzione da S. W. a N. E., dal lago di Ginevra al Würtemberg attraverso il lago di Costanza, ed ha una larghezza media di circa 30 miglia.

È formato principalmente di strati Miocenici, conosciuti sotto il nome di Molassa, divisa ordinariamente in Molassa Inferiore d'acqua dolce, Molassa Marina e Molassa Superiore d'acqua dolce. In alcuni casi, secondo Kaufmann, essi si depositarono simultaneamente e, senza dubbio, vi furono parecchie alternative di mare, di palude e di acqua dolce.

Non si conosce lo spessore della Molassa. In alcuni luoghi del cantone di Vaud, solo gli strati superiori oltrepassano i 1000 metri.

Infatti, durante il periodo Miocenico, il paese, situato fra le Alpi che sorgevano ed il Giura, era un bacino tal-

volta occupato dal mare, tal'altra da un gran lago e poscia di nuovo dal mare. I fiumi portavano giù dalle Alpi ciottoli, ghiaie e sabbia, riempiendo a poco a poco le cavità, depositando i massi più grandi al piede delle montagne, e trascinando più lungi, nel piano, i materiali più fini. Forse l'acqua prese dapprima la via per il Danubio; si ha qualche ragione per credere che, in un tempo, corresse al Mediterraneo per la valle del Doubs, e da ultimo, attraverso la Germania, si dirigesse verso il nord, trascinando i materiali più fini, a formare i piani del Belgio e dell'Olanda.

Seguì poscia un periodo di freddo — il periodo glaciale — quando fiumi di ghiaccio gradatamente discendendo dalle montagne, riempivano le valli, ed eventualmente coprivano tutta la regione più bassa con un gran foglio ghiacciato.

La Molassa risulta di letti di arenaria, di marna, e, specialmente se ci avviciniamo alle Alpi, di una ghiaia grossolana detta « Nagelflue », spesso cementata in guisa da formare un duro conglomerato. I ciottoli vi sono talvolta schiacciati e talvolta compressi, e l'arenaria offre frequenti segni d'increspamento come in quella dei nostri lidi attuali.

Attraverso la Molassa s'incontrano vene di carbone che non hanno considerevole estensione, nè sono di buona qualità; in generale sono molto assottigliate, non eccedendo i due piedi di spessore, e raramente raggiungendo quello di pochi pollici.

In realtà, il carattere della Molassa differisce grandemente secondo le località, e ciò accenna, senza dubbio, a varie condizioni di deposito, piuttosto che a differenza di età. Verso sud i letti sono più compatti, e si fanno a tessitura più sciolta, più sabbiosi, a mano a mano che si avvicinano al Giura.

I fossili sono rari nella Molassa Inferiore d'acqua dolce, pur trovandosene in alcuni luoghi. Il Nagelflue ne è quasi privo.

Nella Molassa Marina furono determinate parecchie centinaia di specie animali, la maggior parte di conchiglie marine. Nondimeno, nei letti di acqua dolce s'incontrano avanzi di animali terrestri, fra i quali un Mastodonte, due specie di Rinoceronte, il Dinoterio, ecc.

La Molassa Superiore d'acqua dolce è molto più ricca e comprende le celebri località di Oeningen, presso il lago di Costanza, dove, in strati evidentemente depositatisi in un lago tranquillo e poco profondo, si rinvennero gli avanzi, benissimo conservati, di non meno di 1000 specie d'insetti, di circa 400 piante e di molti vertebrati.

Al chiudersi del periodo della Molassa, la grande pianura svizzera dev'essere stata pressochè orizzontale, ma la sua elevazione sopra il mare non fu probabilmente tutta uniforme, e per tal ragione si formarono alcune ineguaglianze. Però, le attuali colline sono dovute principalmente ad una erosione ineguale; il duro Nagelflue ha potuto resistere in modo speciale all'azione logorante del tempo e dell'atmosfera.

Verso il limite meridionale, la Molassa è gettata in due archi ben distinti, separati da una sinclinale, e segnati in bleu sulla carta geologica della Svizzera.

L'anticlinale corre verso sud-west dalla Baviera alla valle del Reno, un po' a sud di Bregenz sul lago di Costanza; di qui si dirige al lago di Zurigo, passando lungo l'Obersee, fino ad Üznach; poscia, attraverso il lago di Zug, giunge ad Oberwyl e così a Lucerna; piega bruscamente a sud presso Schangnau, traversa l'Aar nelle vicinanze di Kirchdorf, dirigendosi per Guggisberg sulla Sense a Losanna, e infine, con una forma più accentuata,

dà origine al Monte Salève (fig. 78), a sud di Ginevra, dove l'arco è rotto, e si rendono visibili gli strati giuresi e cretacei. Questa grande anticlinale ha una lunghezza non minore di 370 km. ([1]). Al suo limite meridionale, quantunque ciò non sia ancora assolutamente provato, sembra che il Nagelflue si sia rovesciato sopra sè stesso, in guisa che, in tal caso, si ripeterebbero le condizioni del Giura (v. pag. 216): strati pressochè orizzontali al nord, quindi una serie di pieghe, che diventano sempre più accentuate al sud, e infine si rovesciano al margine meridionale.

Io ritornerò ancora su questo nel prossimo capitolo, ma ora voglio soltanto osservare che ciò spiegherebbe non solo lo spessore enorme del Nagelflue nel Rigi, ma anche la discordanza fra gli strati, dove s'incontrano il Nagelflue e gli strati Cretacei, come, ad esempio, nel Vitznauerstock sul lago di Lucerna.

Nella maggior parte, i fiumi erodono ora nei terrazzi antichi, ed approfondiscono i loro alvei.

Come già ricordammo, l'elevazione delle Alpi cominciò nel periodo Eocenico, ma fu molto più attiva durante il Miocene. Dal trovarsi l'intera serie degli strati Miocenici, dal Verrucano al Miocene, piegati insieme, risulta che l'ultimo periodo di compressione e di piegamento fu posteriore al periodo Miocenico.

Fra le Alpi a sud, il Giura e la Foresta Nera al nord, la gran pianura della Svizzera fu sotto l'acqua, e riceveva i materiali che i torrenti portavan giù dalle montagne che si elevavano. Tali depositi che formano il Nagelflue, risultano di agglomerati grossolani e di ghiaie. I ciottoli del Nagelflue sono spesso più o meno piatti,

---

([1]) Favre, *Rech. Géol.*, vol. I.

e si trovano frequentemente ordinati come le tegole di un tetto a seconda della corrente. Essi indicano perciò la direzione delle correnti, rivelando che, in generale, erano dirette da sud-est a nord-west. Presso le Alpi sono più grandi, come, ad esempio, sul Rigi e sul Napf; e divengono a poco a poco più piccoli verso il nord. Senza dubbio, si possono avere delle eccezioni, e lungo il Reno le ghiaie contengono alcuni grandi massi e ciottoli di calcare Giurassico, i quali, però, appartengono alla Foresta Nera, e sono venuti dal nord.

Il dottor Früh [1] ha fatto un esame accurato dei ciottoli che costituiscono il Nagelflue. Molti di essi vengono dal vicino Flysch, e l'origine di molti non può essere determinata. Per esempio, a meno che non contengano fossili (e questi, per sfortuna, sono molto rari), non si possono distinguere, in molti casi, ciottoli del Flysch e del Lias. Nè Rütimeyer, nè Früh, malgrado le ricerche più minuziose, hanno trovato un fossile qualunque nella grande massa di Nagelflue che forma il Rigi.

Tuttavia, Heim ha incontrato dei frammenti di coralli triasici, ed in altri distretti dei frammenti di *Belemnites*, ma tali ciottoli non possono essere stati formati da rocce terziarie, poichè le Belemniti erano allora già estinte.

È degno di nota che molti dei ciottoli del Nagelflue sembrano esotici, per così dire, in quanto che non appartengono alle rocce che si trovano ora nelle montagne vicine. Difficilmente s'incontrano dei massi o ciottoli di granito, di gneiss, di schisti cristallini che formano ora la catena montuosa centrale delle Alpi. L'Anfibolite, il Serpentino, il Verrucano ed altre rocce che ci aspetteremmo d'incontrare, sembrano del tutto assenti. Nondi-

(1) *Neue Denkschriften*, 1890.

meno, al tempo del Nagelflue, queste rocce erano coperte fino a grande profondità dagli strati secondari. Alcuni dei ciottoli non corrispondono con le rocce trovate ora nelle Alpi o presso di esse. È stato, per altro, suggerito che alcuni di essi possano realmente essere stati derivati dalle rocce alpine, ma prima che l'enorme pressione li avesse portati nella loro condizione attuale. Il Nagelflue è evidentemente una formazione ghiaiosa — un cono enorme, depositato all'orlo settentrionale delle Alpi dell'Oligocene e del Miocene.

Però, le origini di taluni ciottoli possono essere assicurate con grande probabilità, e Früh conclude che i fiumi vennero da sud e da sud-est. Quindi il versante fu più lungi a sud che non attualmente, ed egli crede anche che i fiumi corressero non solo nei distretti alpini più prossimi, ma nel Vorarlberg, nei Grigioni, nel Tirolo settentrionale fin oltre Bolzano, nella Valtellina, nel nord d'Italia, anche fino al lago di Lugano e al Lago Maggiore. Il Reno Medio, la Reuss, l'Inn, ecc. si estendevano considerevolmente più oltre, verso il sud. Parecchie delle correnti più piccole, come la Carassina, appartenente a Val Blegno, il Forno e l'Albigno e le acque superiori della Maira, che ora entrano nella Val Bregaglia alla Lombardia, mostrano tuttora, con la loro direzione ed i loro terrazzi, che in origine appartenevano al sistema fluviale della Svizzera.

« I ciottoli del Nagelflue — dice Bonney — indicano che questo fiume, invece di correre, come ora fa la Reuss, per la maggior parte del suo corso sopra rocce cristalline, fu allora impegnato nel rimuovere le soprastanti rocce sedimentarie, erodendo solo qua e là nei gneiss granitoidi e negli schisti » [1].

---

[1] *The Growth and Sculpture of the Alps*, Tyndall Lectures, 1888.

DEPOSITI GLACIALI.

Sopra gli strati terziari giacciono vaste masse di depositi glaciali che aumentano di spessore presso il Giura, e coprono tutto il distretto, ad eccezione di poche parti più alte, come, ad esempio, il distretto del Napf. Questi depositi si possono scoprire dai loro limiti estremi a Lione, a grande altezza sul Giura, e lungo l'Aar, molto di sopra dei moderni ghiacciai. Inoltre, le rocce caratteristiche conservano la stessa posizione relativa. Molte delle rocce e delle pietre da esso portate in basso si trovano in parecchie località, ma ve ne hanno alcune confinate in distretti speciali. Guyot (1) menziona specialmente le Puddinghe dai « Dents de Morcles », il Granito bianco del Vallese Superiore e del Galenstock, le Eufotidi della Valle di Saas, le « Arkesines » del ghiacciaio di Allelin e di Val d'Hérens, ed il Protogino della catena del Monte Bianco. Queste rocce non si mescolano, ma occupano le stesse posizioni relative al limite dell'antico ghiacciaio: le Puddinghe dei Dents de Morcles a Guggisberg; le rocce del Vallese Superiore fra Schwarzenberg e Köniz (presso Berna); le Eufotidi a Berna e a Bourgdorf; le « Arkesines » a Seeberg, ed il Protogino del Monte Bianco a Aarwangen.

A pagina 115 io ho già indicato i limiti del grande foglio di ghiaccio, e riferite le ragioni, fin da lungo tempo avanzate da Morlot, per credere che durante il periodo glaciale non si ebbe un freddo continuo, ma vi furono interruzioni di periodi più « geniali ».

---

(1) *Bull. Soc. Sc. Nat. Neuchâtel*, vol. I.

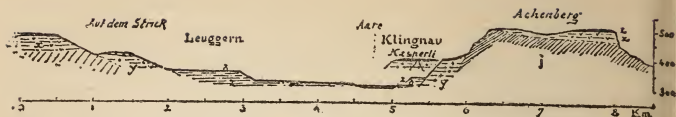



Fig. 82. Sezione della valle dell'Aar.

Scala: lunghezza, 1 = 100,000; altezza, 1 = 25,000.

z, Terrazzo inferiore d'alluvione; *y*, Alluvione superiore coperto da Morene e da Loëss; *x*, Alluvione dei «plateaux» superiori, coperto da Loëss; *j*, Strati giuresi in posto.

La figura 82 rappresenta una sezione attaverso la valle dell'Aar, da Leuggern a Klingnau, a breve distanza sopra Coblenza. È carattere generale dei terrazzi superiori di essere ricoperti da marna o da «Loëss», che è il deposito delle antiche inondazioni, prima che le attuali valli dei fiumi fossero state ridotte alle loro presenti profondità.

Il maggior numero delle valli dei fiumi ebbe origine prima del periodo glaciale, e sembra che la massima erosione sia stata già completa anteriormente alla prima e seconda epoca glaciale. Che esse fossero occupate dai ghiacciai durante il secondo e il terzo periodo glaciale (v. Carta a pag. 97), è provato, come già menzionammo, dall'esistenza di numerose morene terminali che traversano le valli, e dalle morene laterali ai limiti delle alture, lungo le principali valli dei fiumi. Ne offrono esempi: l'Aar, specialmente da Thun a Berna; la Suhr da Sempach a Wittwyl; l'Aar dal lago di Baldegg a Lenzburg; la Reuss da Klein Dietwil, sotto Lucerna, a Mellingen; la Valle della Limmat da Rapperschwyl, sul lago di Zurigo, fin presso Baden.

Oltre le morene attuali ed i massi erratici, i ghiacciai che si ritiravano, e le inondazioni prodotte dalla fusione del ghiaccio, lasciarono ancora grandi masse dei

così detti ciottoli del «Diluvium», i quali occupano molti fondi delle valli non ancora completamente riescavate dai fiumi, mentre presso il Giura formano anche delle colline, poichè le valli sono occupate da depositi fluviali relativamente recenti. Così, la Lorze corre su questa ghiaia dal lago di Zug fino a Baar: a Lucerna la ghiaia fu forata ad una profondità di 30 metri senza che se ne toccasse il fondo, ed in parecchi luoghi essa raggiunge uno spessore anche di 60 metri (1). Il fiume Langeten, presso Roggwyl, sprofonda quasi interamente nella ghiaia, di modo che scompare, eccetto che in tempo molto piovoso, e ricompare più lontano nella valle in copiose sorgenti. La superficie dei letti di ghiaia è molto irregolare, e spesso dà luogo a piccoli laghi, come il Mauensee, il Bibersee, il Finster See, il Rothsee, ecc. Parecchie delle attuali torbiere furono in origine laghi poco profondi e di tale carattere. Il lago di Baldegg e quello di Hallwyl sono separati l'uno dall'altro da questa ghiaia quaternaria, che invero ha tanto sollevato il letto di tutta la valle dell'Aa, da far sì che il fondo del lago di Baldegg si trovi allo stesso livello di Lenzburg, a molte miglia giù nella valle (2).

I depositi glaciali raggiungono un grande spessore intorno al lago di Ginevra, specialmente sul lato meridionale, ma anche altrove, come ad esempio, intorno ad Aubonne. I burroni, quantunque molto profondi, sono interamente scavati in essi, e di rado penetrano nella Molassa. Inoltre sono molto impervii, come si rileva dal gran giro che la Versoix è costretta a fare per avviarsi al lago.

---

(1) Kaufmann, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xi.
(2) *Ibid.*

A questi depositi glaciali devono gran parte della loro fertilità le terre basse della Svizzera.

Kaufmann [1] e Grémaud [2] attribuiscono molta importanza a questi depositi per determinare i corsi attuali dei fiumi. Essi additano che mentre alcuni fiumi relativamente grandi, come la Sihl, corrono in valli strette, altri, come la Suhr, ne occupano di molto più larghe e affatto sproporzionate al volume delle loro acque; tale grandezza viene da quegli autori spiegata mediante l'azione glaciale, specialmente perchè queste valli più ampie rappresentano appunto le vie seguite dagli antichi ghiacciai.

Ad esempio, la valle della Rohn, dal limite più basso del lago di Sempach si dirige, quasi verso ovest, a Scholz sul fiume Wigger. Questa larga valle è bagnata da una piccola corrente, la Rohn, ed invece di restringersi verso l'alto, conserva quasi completamente la sua larghezza. Un po' a nord si ha la valle dell'Hurnbach, che presenta caratteristiche identiche. Kaufmann spiega tali condizioni con l'ipotesi che il ghiacciaio, il quale venne giù per la valle della Suhr, fu ostruito dalla collina di Wholen sotto il lago di Sempach, e spezzato; un ramo passò per la presente valle della Suhr ed un altro per quella della Rohn, mentre una porzione del ghiacciaio sormontò l'altura e continuò giù direttamente per la valle dell'Hurnbach. La pressione del ghiaccio causata da questo ostacolo potrebbe spiegare la depressione che ora è occupata dal lago di Sempach. La valle della Bienz, ad ovest della Reuss, affatto sproporzionata con la grandezza della corrente attuale, fu forse in antichi tempi occupata dalla Reuss. La valle contiene pa-

---

(1) Kaufmann, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xi.

(2) « Études sur les vallées de Fribourg » *Bull. Soc. Sc. Nat.*, 1888 ».

recchie morene, specialmente ad Othmarsingen, dove, per un tempo considerevole, fu evidentemente la fronte del ghiacciaio. Più in basso, la valle modifica il suo carattere, diventando più stretta.

Un'altra valle « morta » conduce dall'Aar a Wildegg, sotto Aarau, fino a Mellingen nella valle della Reuss. Essa rappresenta con probabilità l'antico letto dell'Aar, prima che il fiume avesse acquistato la direzione attuale, attraverso il Giura, a nord di Lenzburg.

Altri cangiamenti nelle direzioni dei fiumi (v. pag. 168) sono dovuti probabilmente a differenze di livello.

La Piccola Emme nasce a nord d'Interlaken ed ha una valle antica ben conservata, attraverso il « plateau », fino all'Aar ad Aarburg; ma a Wiggern ha ora abbandonato il suo corso primitivo e piega bruscamente ad est, per una valle che la trasporta nella Reuss, sotto Lucerna.

Pure curioso ed interessante è il sistema fluviale intorno a Berna. Dalla direzione della Sense Superiore si rileva che la via naturale del fiume sarebbe per Wangen a Berna, e alla valle dell'Aar, sotto Soletta, lungo quella dell'Urtenenbach. E nondimeno si ha qui una larga valle che, da quanto pare, fu una volta il letto d'un fiume considerevole, ed ora è occupata da tre fiumi. Nella parte superiore, corre la Sense stessa, che, però, presso Thörisch, piega ad angolo retto verso west e sbocca nella Sarina. Sotto Thörisch, un piccolo ruscello sbocca nell'Aar presso Berna, e, piegando ad angolo retto, raggiunge pure la Sarina. Finalmente, nella parte inferiore si ha l'Hurtenenbach, che si unisce alla Emme e sbocca nell'Aar sotto Soletta.

È chiaro, invero, che vi sono molte valli morte, una volta occupate da fiumi ed ora asciutte; tali, il Klettgau, fra Sciaffusa e Basilea, che fu probabilmente,

una volta, la via del Reno, e forse in altro tempo, dell'Aar; la valle di Glatt, fra l'alto lago di Zurigo ed il Reno a Kaiserstuhl, che fu probabilmente uno degli alvei della Limmat; la valle da Oerlikon, per il Katzensee fino a Wéttingen, che fu pure, una volta, occupata dalla Limmat. In alcuni casi, i fiumi sono stati obbligati a cambiare le loro direzioni dalle enormi masse di depositi glaciali. Così, la Sihl fu probabilmente deviata dal lago di Zurigo e costretta a seguire il presente corso parallelamente al lago, fra la catena dell'Albis e la grande morena laterale che forma la bassa fila di colline lungo la sponda occidentale del lago. Anche l'Aar sembra che sia stato escluso dalla sua via antica, giù per la Gauthal, dalla morena a Soletta, ed obbligato a scavare un nuovo letto nella Molassa [1].

È interessante notare che queste valli abbandonate non solo contengono profondi depositi di ghiaia di fiume, ecc., ma mostrano pure i soliti terrazzi lungo i loro fianchi.

Il caso notevole del Venoge è stato già descritto (*ante*, pag. 170).

L'Aar ad Aarberg ed a Schinznach, la Reuss a Mülligen e la Limmat a Baden, hanno aperta la loro via attraverso rialzi giurassici. La Sarina passa attraverso parecchie catene montuose [2]. Se queste nel sollevarsi hanno impiegato minor tempo che i fiumi nell'attraversarle, si devono esser formati dei laghi, ed è anche possibile che laghi simili sieno esistiti per un certo tempo.

È chiaro, quindi, che le direzioni degli antichi fiumi

---

[1] Du Pasquier, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxi.

[2] Musy, « *Disc. pron. à l'ouv. de la 74e sess.* — Ann. Soc. Helv. Fribourg, 1891.

furono, in molti casi, molto diverse da quelle dei nostri giorni.

Ma, quantunque queste considerazioni spieghino abbastanza estesamente le direzioni generali dei corsi dei fiumi, si hanno non pochi casi in cui esse sono lungi dall'essere comprese facilmente, come, ad esempio, nel nord del cantone di Vaud e a sud di Friburgo. Gilliéron addita che la condizione del Flysch, di cui risulta il distretto, fa difficilmente distinguere la struttura delle montagne, e rende per ora impossibile qualunque idea circa la forma del rilievo primitivo.

La disposizione della Molassa marina e di quella d'acqua dolce indica probabilmente che l'area di scolo della Svizzera fu allora verso est, per la valle del Danubio, al Mar Nero. Le aperture che ora trasportano le acque del Vallese verso west alla valle della Saona e così al Mediterraneo, e quelle dell'Aar e del Reno per Brugg e Basilea al mare del Nord, non esistevano ancora. Gli strati terziari della Francia e della Germania non hanno rapporto con quelli della Svizzera, ed evidentemente furono separati da terraferma — dalle catene Giuresi. Perciò, la depressione che dette origine alla valle del Reno da Basilea verso il nord, e l'erosione della valle del Rodano a Bellegarde, sono molto posteriori al periodo della Molassa.

Il Rodano fu eventualmente intercettato a Mormont, fra i laghi di Ginevra e di Neuchâtel, l'Aar a Baden, mentre la depressione fra i Vosgi e la Foresta Nera apriva una via al Reno verso il nord. I fiumi allora si appropriarono le loro vie attuali; il Rodano corse al Mediterraneo, l'Aar ed il Reno al Mare del Nord, privando così il bacino del Danubio d'una grandissima parte del suo territorio primitivo. È manifesto che un lungo tempo trascorse per tali cangiamenti, quantunque da un

punto di vista geologico essi sieno molto recenti. Ciò è indicato dall'evidenza di molti cangiamenti lungo il corso del Reno da Eglisau a Coblenza, come anche dal fatto che nè il Rodano, nè il Reno, nè l'Aar hanno potuto ancora regolarizzare i loro alvei. Essi sono divisi mediante rialzi in sezioni distinte, con inclinazioni diverse.

Il risultato della generale inclinazione del piano è che l'Aar Inferiore scorre al piede del Giura, e che una serie di fiumi — l'Aar Superiore, la Emme, la Suhr, l'Aa, la Reuss, la Limmat, il Glatt, il Toss, e la Thur — ad intervalli approssimativamente eguali, vanno da sud-est a nord-west nell'Aar e nel Reno.

Ma mentre è chiaro che i fiumi corsero anticamente ad un livello molto più alto dell'attuale ed hanno scavato le loro valli, i grandi depositi di ghiaia di fiume, ecc. rivelano che le valli furono una volta anche più profonde di quel che sono ora, ed in seguito furono riempite fino ad una certa altezza. Il periodo attuale è un periodo di erosione. Presentemente i fiumi approfondiscono i loro alvei, ma nelle parti più basse del loro corso si sono ridotti al loro livello antico soltanto in pochi luoghi, come, ad esempio, si rileva dalla Limmat, sotto Baden. In altri punti dove apparentemente è così, come, ad esempio, per l'Aar a Brugg, e pel Reno presso Irchel, Kaiserstuhl, Laufenberg e Rheinfelden, sebbene il letto attuale sia tagliato nella roccia, il fatto è dovuto ad un cangiamento del corso del fiume. Le antiche ghiaie di fiume alla stazione ferroviaria di Brugg, e a sud di Laufenberg, sono molto più profonde del fiume attuale.

CAPITOLO XIII

LE ALPI ESTERNE.

La catena esterna delle Alpi Settentrionali consta di strati Eocenici e Secondari gittati in una serie di piegamenti e in direzione da S. W. a N. E. Esse si estendono lontano nell'Austria ad est, formando la parte settentrionale del Vorarlberg, ed in Savoia ad ovest; ma per quanto riguarda la Svizzera esse cominciano nella valle del Reno, al limite orientale del lago di Costanza. Formano i monti di Sentis ed il Churfirsten sopra il lago di Walen, vanno per Einsielden e per Schwyz al lago di Lucerna, si prolungano al lago di Thun, e quindi descrivono una gran curva con la convessità verso nord, toccando quasi a Friburgo, e così a Vevey e a Montreux sul lago di Ginevra, a sud del quale si continuano nel Chiablese ed in Savoia.

Esse costituiscono una rete complicata, che sopra una carta ordinaria rivela una disposizione irregolare; la configurazione della superficie è stata grandemente modificata da pieghe, da fratture, da salti e dalla denudazione, sicchè la struttura in molti luoghi è tuttora un enimma (1).

(1) Schardt, « *Struct. Géol. des Préalpes* ». Bibl. Univ., Genève, 1892.

D'ordinario sono più piegate e contorte del Giura, ma meno delle catene centrali. Gli archi però, quantunque meno compressi, sono più spesso fratturati alla sommità ([1]), accennando ad una differenza di condizioni. La spiegazione possibile è che la compressione fu più rapida, ovvero più vicina alla superficie.

Gli strati dell'Eocene giacciono frequentemente in conche fra montagne giuresi e cretacee, e fu supposto da alcuni geologi che essi si depositassero in baie o fiordi. Tuttavia, sembra ora stabilito che gli strati dell'Eocene furono una volta continui, che la elevazione delle catene montuose giuresi e cretacee è di data più recente, e che la mancanza degli strati eocenici in alcuni luoghi è dovuta alla denudazione. La presenza di frammenti eocenici, come, ad esempio, alla sommità del Ganterisch presso Bovatez, fra il Jaun ed il Montelon (sebbene troppo piccoli per essere segnati sulla carta), sembra decisiva a tal riguardo.

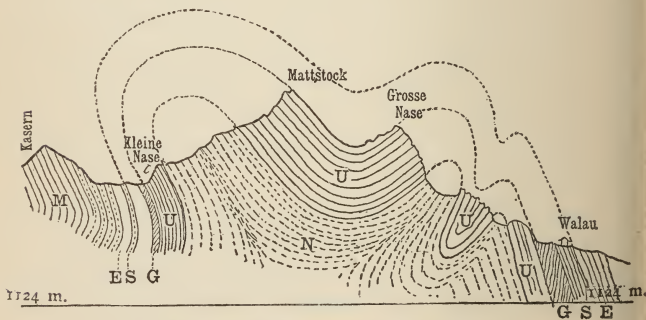



Fig. 83. Sezione attraverso il Mattstock.
M, Miocene; *E*, Eocene; *S*, Calcare di Seewen; *G*, Gault; *U*, Urgoniano: *N*, Neocomiano.

([1]) Favre *and* Schardt, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw* L. xxii.

In molti luoghi gli strati secondari sono stati considerevolmente ridotti nel loro spessore, dalla enorme pressione subìta durante il processo di piegamento. È questo il caso, per esempio, a N. W. del Mattstock nel Sentis, dove (fig. 83) l'Urgoniano (*U*) è ridotto dal suo spessore normale di 220 m., a 30 m. ovvero a $^1/_7$, il Gault da 70 m. a 10 m., e il Calcare di Seewen da 100 m. a 12. o ad $^1/_8$; mentre altrove gli strati formano meri ritagli o masse lenticolari distaccate, ed infine, in alcuni casi, scompaiono affatto ([1]).

Secondo l'opinione di Schardt, il Monte Cubli, il Moleson, i « Rochers de Naye » ecc. formano un grande rovesciamento che si continua nel Chiablese sull'altro estremo del lago, ma attraversato dalla gran valle trasversale del Rodano.

MONTAGNE DEL SENTIS E LAGO DI WALENSTADT

Il gruppo del Sentis ed il Churfirsten occupano il triangolo fra il lago di Walen ed il Reno, e sono principalmente formati di strati cretacei con un mantello di strati terziari al loro piede.

Le montagne del Sentis occupano la parte settentrionale e più ampia, e si dirigono da N. E. a S. W. L'estremo di N. E. consta di sei rialzi, spesso Urgoniani, dovuti a molti piegamenti, che, a poco a poco, alquanto a nord di Wesen, si uniscono a formarne due — il Goggeyenberg (con l'Hädernberg) ed il Mattstock (figura 83) — riducendosi finalmente ad un solo nel Kup-

([1]) Burckardt, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxii.

fenstock. Generalmente i rialzi sono anticlinali, ma la sommità più alta si trova al luogo d'incontro di due sinclinali. Nel Churfirsten, che domina il lago di Walen, gli strati (fig. 26) sono piegati a guisa di *S* perfetta. La configurazione della superficie ha meno risentito gli effetti della denudazione nel Sentis che nel maggior numero di altri distretti alpini [1].

Un ghiacciaio correva una volta dalle montagne del Sentis verso N. W., occupando il paese fra la Sitter e la Thur. Il lago di Walen è una lunga valle dovuta in origine ad una depressione simile ad un solco, poichè gli strati sono attualmente ripiegati in sinclinali. Lo Strahlegg è un rialto di Urgoniano.

IL RIGI.

Il Rigi (fig. 84, 85 e 88), come già menzionammo, rappresenta la gamba meridionale di un grande arco di

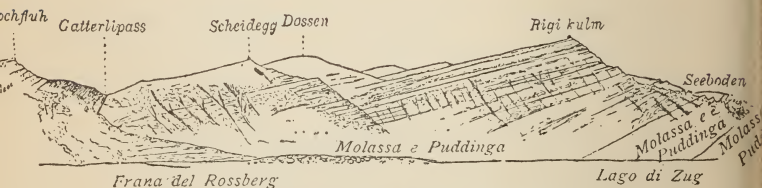



Fig. 84. Sezione attraverso il Rigi veduto dal nord, che mostra la frana del Rossberg.

Puddinga Miocenica, essendo scomparse la sommità e la maggior parte della gamba settentrionale. Esso è un

[1] HEIM, *Mech. d. Gebirg* vol. II. — V. pure ROTHPLETZ *Geotektonische Probleme.*

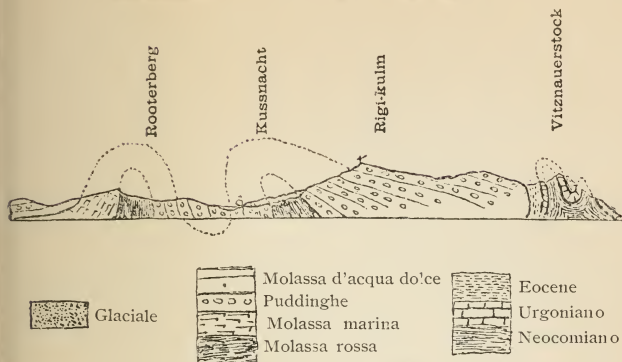



Fig. 85. Sezione dal Rooterberg al Vitznauerstock, attraverso il Rigi.

gigantesco letto di ghiaia, venuta dalle montagne che stanno a sud. Lo spessore di questi letti di ghiaia al Rigi (circa 1525 m.) è enorme, e sembra che si sieno ripiegati sopra sè stessi, quantunque la prova non sia ancora decisiva. La montagna forma un lungo rialto. All'estremo orientale i letti di Molassa confinano con gli strati Eocenici e Cretacei, che costituiscono l'Hohfluh. Il Rossberg è una continuazione del Rigi. Da questa montagna staccavasi la grande frana del 1806 (cap. XXII): e dalla ferrovia che vi passa sopra, se ne vedono tuttora i massi enormi.

Mettendo a profitto gli occhi e il cervello, è veramente una lezione meravigliosa di geologia, che ne offre una fermata sulla sommità del Rigi. La veduta è magnifica: si scorgono sette laghi, quelli di Lucerna, di Zug, di Lowerz, di Egeri, di Baldegg, di Halwyl e di Sempach. A nord si stende il ricco piano della Svizzera, e vi si scoprono parecchi fiumi che corrono quasi paralleli verso l'Aar, all'ovest è la gran massa del Pilatus, di grande interesse geologico ed affascinante per le sue tradizioni

medioevali; all'est, il Rossberg che mostra tuttora la cicatrice della grande catastrofe del 1806, ed i due misteriosi Mythen; al sud, file e file di monti che culminano nei giganti dell'Oberland Bernese. Per quanto questi ultimi ci sembrino grandemente diversi d'altezza quando siamo vicini ad essi, guardandoli ora da un punto sì vantaggioso come il Rigi, osserviamo che in realtà il livello è molto uniforme, essendo le differenze e le valli dovute principalmente alla denudazione. Sotto ai nostri piedi si trova un gigantesco letto di ghiaia, che si estende completamente giù verso il lago.

Ora, quali sono gli ammaestramenti che ci dà questa ghiaia?

1.° Essa è manifestamente una ghiaia di torrenti montani, ma venuta da una distanza considerevole, poichè è bene arrotondata e contiene massi del diametro di uno ed anche due piedi.

La ghiaia bene arrotondata implica un trasporto a distanza considerevole. Bonney [1] menziona che la ghiaia della Stura, dopo un corso di 38 miglia, era ancora subangolosa, e nella Sesia, dopo 60, è ancora solo moderatamente arrotondata.

2.° La condizione dei ciottoli prova che essa è venuta dal sud.

3.° Ciò si rileva pure dalla posizione dei ciottoli, poichè i più piatti sono ordinati, come nei fiumi attuali, in guisa da offrire maggior resistenza alla corrente; e la posizione, in tal caso, rivela che il fiume veniva dal sud.

4.° La deposizione della ghiaia deve aver impiegato un tempo prodigioso. Non solo i letti si estendono dalla sommità direttamente giù nel lago, ma, come

---

[1] *Geol. Mag.* 1888.

mostra la figura 84, essi inclinano dal Kulm allo Scheidegg. Quelli alla sommità del Kulm non corrispondono perciò a quelli alla sommità dello Scheidegg, ma, per così dire, a quelli che stanno sotto, a 150 m. circa. È ovvio che i letti dello Scheidegg si continuavano una volta sopra il Kulm. Per conseguenza, anche se consideriamo che essi realmente rappresentino gli strati superiori (ed è certo che ce ne devono essere stati degli altri, in seguito rimossi), dobbiamo aggiungere quasi 500 piedi all'altezza attuale del Kulm. Questa, essendo di 4500 piedi sul livello del lago, si ha uno spessore di non meno di 5000 piedi di ghiaia.

5.° La ghiaia non può essere depositata sulla cima d'una montagna. Essa deve essere formata dall'acqua corrente o sopra una spiaggia o in alvei — nel caso presente per opera di fiumi — e perciò bisogna che sia stata depositata ad un livello relativamente basso. Siccome i fiumi vennero in origine dalle montagne al S. E., il pendio della ghiaia deve essere stato verso il N. W.; poichè esso è ora verso S. E., i letti di ghiaia devono avere subìto uno spostamento in modo da inclinare in una direzione opposta a quella del loro declivio primitivo. Si vede chiaramente che essi inclinano in tal modo, tanto dal lago quanto se noi ascendiamo. Inoltre, esaminando le rupi che dominano il piano, si trova, come mostra la figura, che i letti di ghiaia inclinano verso la collina, nella direzione dello Scheidegg. Infatti essi in origine si continuavano in guisa da formare un grande arco, la sommità del quale fu approssimativamente sopra la Baia di Küssnacht (fig. 85) ed il fianco nord-occidentale immediatamente sopra l'altro lato delle baia, dove gli strati sono quasi orizzontali, elevandosi però, pressochè immediatamente, in un altro arco che forma il Rooterberg. Perciò bisogna concedere un altro lungo

periodo, durante il quale la sommità e l'estremo nord-west dell'arco furono distrutti e rimossi.

6.° I ciottoli attuali sono stati accuratamente studiati dal Dott. Früh, la cui Memoria è stata citata nel capitolo precedente, ma ora ne riferirò brevemente solo tre punti:

I. Se le catene montuose centrali furono come sono attualmente, molta parte della ghiaia deve esser provenuta dalle rocce giuresi e cristalline: se non che queste sono relativamente scarse, poichè, senza dubbio, al tempo in cui la ghiaia veniva trascinata in basso, le rocce centrali, ora esposte, erano coperte dai profondi strati secondari più recenti, che sono scomparsi.

II. Alcuni dei ciottoli sono frammenti di rocce trovate finora solo sul fianco italiano del rialto centrale. Naturalmente essi non possono essere stati trascinati sopra un tale rialto, e perciò suggeriscono l' idea che una volta il versante fosse considerevolmente a sud della linea attuale. Noi troveremo un'altra prova in conferma di questo fatto interessante.

III. Altri ciottoli differiscono da alcune rocce ora trovate *in situ*. Si è suggerito che ciò dipenda dal fatto che, dopo la loro rimozione, le rocce da cui ebbero origine, sono state così compresse e contorte da aver materialmente alterato il loro carattere e la loro struttura.

Gli aspetti che si osservano lungo la linea di contatto, fra il Miocene e l'Eocene, offrono molte difficoltà ed hanno dato luogo a varie ipotesi. Gli strati sono generalmente concordanti, ma non è sempre così: per esempio, gli strati Miocenici del Rigi vengono a contatto con gli strati, ripidamente inclinati, Eocenici e Cretacei del Vitznauerstock (fig. 85). Si spiegarono tali casi, supponendo che certi distretti si sieno abbassati, ed abbiano avuto luogo grandi rovesciamenti.

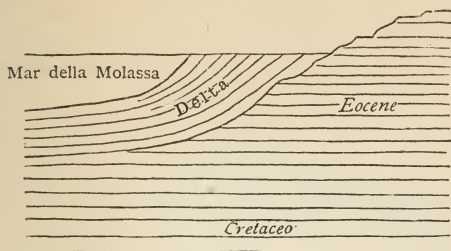



Fig. 86. Diagramma della costa settentrionale delle Alpi nei tempi Miocenici.

Burkhardt spiega la concordanza generale, ed i casi accidentali di discordanza, supponendo che da ultimo gli strati del Miocene sieno stati depositati in delta. Per esempio, la fig. 86 rappresenta un diagramma che mostra un deposito di strati Miocenici in un delta. Suppo-

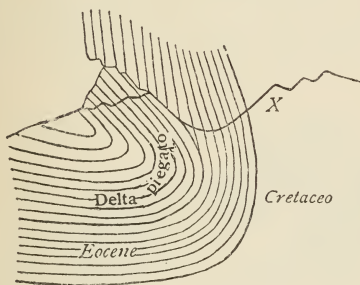



Fig. 87. Dopo il sollevamento delle Alpi.

nendo che abbia luogo una piega, si avrebbe la disposizione indicata dalla fig. 87. Se quindi ebbe luogo in seguito la denudazione lungo la linea oscura *X*, soffrendo gli strati Eocenici relativamente di più, si avrebbe

una sezione non dissimile da quella del Rigi e del Vitznauerstock (fig. 85).

Fig. 88. Sezione del Rigi e del Rigihochfluh.

MONTE PILATO.

Il Monte Pilato consta di strati Urgoniani, Neocomiani, Cretacei ed Eocenici fortemente piegati. Le creste sono principalmente formate di Urgoniano. Kaufmann [1]

Fig. 89. Sezione attraverso Monte Pilato.

---

[1] *Beitr z. Geol. K. d. Schw.* L. v.

descrive cinque pieghe successive all'estremo nord, che ne è la sommità, le quali verso sud-west si riducono a tre. Esso merita bene il suo antico nome di *Mons fractus* — il Monte rotto.

Da Staad, all'estremità del lago di Alpnach, la ferrovia comincia con una pendenza molto sensibile sul fianco sud-est della montagna. Essa taglia obliquamente prima l'Eocene, quindi l'Urgoniano, fino al torrente di Wolfurt, dove attraversa la prima anticlinale Neocomiana. Entra poscia nella sinclinale Eocenica di Matt, tocca la sommità calcarea di Esel e termina sullo scosceso declivio di Urgoniano.

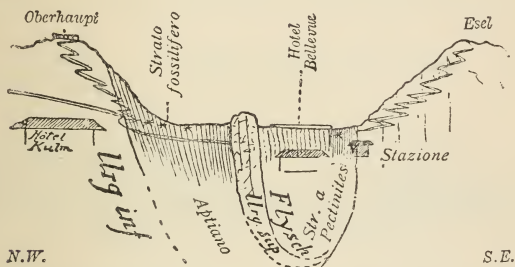



Fig. 90. Sezione della sinclinale del Pilato presso l'Hôtel Bellevue.

I due alberghi (Bellevue e Pilatus Kulm) sono situati all'estremità della sinclinale Eocenica, nascosti fra i due banchi di Urgoniano che formano le vette principali della montagna — l'Esel e l'Oberhaupt. Dietro gli alberghi un sentiero a zigzag attraversa il rialto di Urgoniano per il Kriesiloch e, passando per gli strati Neocomiani piegati, discende all'albergo di Klimsen, situato in un'altra sinclinale Eocenica. Le due creste principali della montagna — il Tomlishorn e il Matthorn — sono formate di Schrattenkalk (Urgoniano), mentre la

valle che li separa è una sinclinale Eocenica — una continuazione di quella in cui si trova l'Hôtel Bellevue.

DOPPIA PIEGA DEL GLÄRNISCH.

In alcuni casi gli strati sono stati spinti per distanze considerevoli l'uno sopra l'altro — un fatto che potrebbe sembrare incredibile, se non ne avessimo esempi ben accertati nelle terre alte della Scozia ed altrove.

Uno dei casi più maravigliosi si presenta nelle montagne fra la valle della Linth ed il Reno. Gli strati sono stati compressi in una grande piega doppia, come mostra la figura 91.

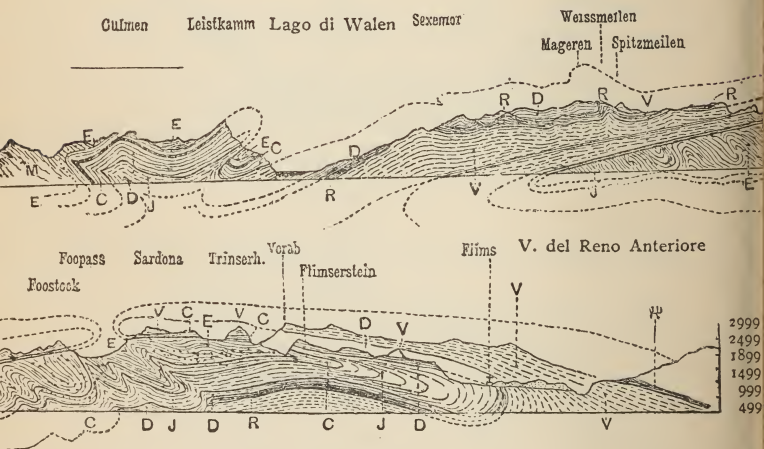



Fig. 91. Sezione dal lago di Walen al Reno, a Flims.
M, Miocene; *E*, Eocene; *C*, Cretaceo; *J*, Giurese; *D*, Dogger; *R*. Rauchwacke; *V*, Verrucano.

Questa piega doppia sembrò tanto incredibile che Studer, dal quale fu osservata la prima volta, esitò a

renderla pubblica. Però, le successive ricerche di Heim, secondo la sua opinione, la pongono fuori di dubbio. La fig. 91 è una sezione dal lago di Walen alla valle del Reno a Waldhaus Flims, e mostra le notevoli pieghe del Churfirsten.

Non è stato ancora spiegato chiaramente il modo secondo cui la doppia piega si estingue verso l'est.

Il Glärnisch ed il Silbern presentano pure un esempio di stupende inversioni, poichè gli strati sono ripiegati sopra se stessi, avendosi Calcare Nummulitico alla base, seguìto da strati giuresi e cretacei.

Io dovrei però dire che Rothpletz [1] ha proposto un'altra spiegazione, fondata sopra salti e rovesciamenti, che però comprende pure tremendi cangiamenti.

« KLIPPEN ».

Io ho riserbata per ultima la considerazione di certe montagne, come i Mythen, lo Stanzerhorn, il Buochserhorn ed altre, conosciute col nome di « Klippen », che presentano problemi di grande difficoltà.

È stato già menzionato (v. pag. 248) che la ghiaia del Nagelflue consta, in parte, di ciottoli d'origine sconosciuta.

I massi di granito conosciuti col nome di granito di Habkern, perchè esistenti a migliaia nella valle di Habkern sul lago di Thun, appartengono ad una varietà che non si trova in alcun luogo delle Alpi. Il professore Heim suggerisce che essi rappresentino del granito alpino, prima che venisse schiacciato e piegato durante il sollevamento delle Alpi.

---

[1] *Geotektonische Probleme.*

Talvolta i massi sono di grandi dimensioni; ad esempio, il Berglittenstein sul Grabserberg ha una lunghezza di 12 metri [1]. Un altro ha 32 metri circa di lunghezza per 27 di larghezza, ed è a 14 metri sul suolo [2]. In alcuni casi raggiungono le dimensioni di piccole colline, in guisa che si hanno tutte le gradazioni, dal semplice ciottolo ad una montagna come lo Stanzerhorn.

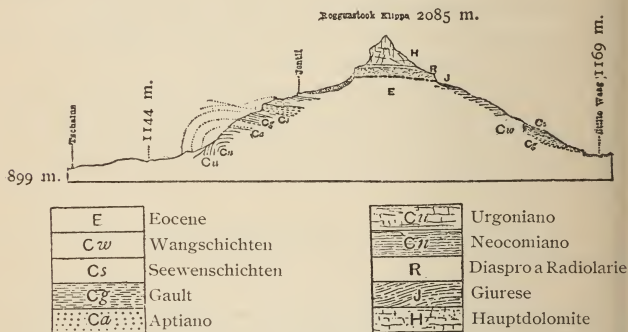



Fig. 92. Sezione attraverso il Roggenstock.

La figura 92 rappresenta una sezione del Roggenstock, nella quale si vede che le rocce più antiche Triasiche e Giuresi riposano sopra gli strati più recenti dell'Eocene, al disotto del quale si hanno strati cretacei regolarmente disposti e con pieghe normalmente regolari.

Nei Klippen gli strati inclinano nelle direzioni più differenti; talvolta essi sono in ordine normale, tal altra,

---

(1) Quereau, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxiii.

(2) Murchison, « *Structure of the Alps* » *Q. I. Geol. Soc.* 1848.

come nel caso del Roggenstock, sono rovesciati, soltanto pochi dei più recenti ricoprendo i più antichi; le diverse specie di roccia sono mescolate insieme nella maggior confusione; esse sono fratturate, schiacciate, contorte nelle guise più straordinarie, penetrate da vene, attraversate da innumerevoli superficie di scivolamento, ed infatti sono state evidentemente soggette alla più estrema violenza, mentre al disotto giacciono relativamente indisturbate le rocce Cretacee ed Eoceniche.

I Klippen dànno i tratti più distinti al paesaggio. Usando una pittoresca espressione di Kaufmann, essi sono: « eckig (angolosi), höckerig (gibbosi), rissig und rauh (screpolati e scabri) » e si elevano in piramidi scoscese con punte ripide ed acute, in stridente contrasto con i declivi arrotondati ed erbosi dei letti Eocenici e Cretacei che li circondano, e sui quali riposano.

Per spiegare queste notevoli montagne furono avanzate quattro teorie. Secondo la prima, esse furono sollevate da forze sotterranee attraverso strati più recenti; conforme alla seconda, esse furono isole nel mare ed intorno ad esse si depositarono gli strati più recenti; per rispetto alla terza, esse sono parte di una piega inclinata, la cui porzione superiore è stata rimossa dalla denudazione; e secondo la quarta, esse sono i resti di grandi rovesciamenti.

Sembra evidente che la prima supposizione è insostenibile. I Klippen non hanno « radici ». Essi posano sopra strati più recenti. Il gruppo di Schien, a nord-est di Schwyz, è tagliato alla base da una corrente, in guisa che esso prende la forma di un *U*, e ne rimane scoperto il Flysch, il quale mostra che attualmente le rocce più antiche giacciono sopra di esso [1].

---

[1] Quereau, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxiii.

Inoltre, gli strati più recenti offrono poca evidenza di disturbi, poichè non presentano tracce della frattura e dell'arricciamento che avrebbero dovuto subire se i Klippen fossero stati spinti su attraverso di essi.

La seconda teoria, cioè che i Klippen furono isole nei mari dell'Eocene e del Cretaceo, è pure insostenibile. Gli strati Eocenici e Cretacei che circondano i Klippen, furono evidentemente depositati a distanza dalla terra, non contenendo avanzi di fauna litorale, e, se i Klippen si fossero elevati in forma di isole, avrebbero depositato molti ciottoli nelle acque circostanti.

Nè sembra che i Klippen sieno semplicemente i residui di una piega soprastante. Sarebbe alquanto difficile esporre brevemente la valida prova geologica messa innanzi da Quereau contro questa teoria, ma io posso menzionare una ragione, cioè, che le rocce dei Klippen presentano una « facies » molto differente da quella che hanno le rocce della stessa età che sono nelle immediate vicinanze; ad esempio, il Neocomiano del Roggenstock differisce molto da quello del distretto circostante. Inoltre, la base dei Klippen, dove essi riposano sull'Eocene, è una breccia la quale indica che gli strati superiori furono materialmente cacciati sopra gli inferiori.

Noi ci troviamo quindi portati alla conclusione, dapprima proposta da Bertrand [1], che queste montagne, cioè, furono letteralmente spinte nella loro posizione attuale; esse sono gli avanzi di una catena scomparsa. Una volta questa catena era continua o quasi, ed i frammenti rimasti, quantunque ora torreggianti sui piani dintorno, devono la loro conservazione all'essere stati in origine in un profondo solco. Anche maggiore importanza rag-

---

[1] *Bull. Soc. Géol. France*, 1884.

giungono i Klippen all'ovest, dove formano i gruppi montuosi dello Stockhorn e del Chiablese.

Altri grandi casi di rovesciamenti che si estendono per parecchie miglia, sono stati accertati, come indica Quereau, nella Scozia, in Provenza, negli Appalachiani, e da Heim nel cantone di Glarona, come abbiamo già visto.

Per quanto questa spiegazione possa, a prima vista, apparire improbabile per non dire impossibile, non si devono dimenticare gli enormi disturbi dei quali si hanno le prove più evidenti. Come già menzionammo, fu calcolato che gli strati che giacciono fra Basilea e Milano — una distanza di 130 miglia — occuperebbero 200 miglia, se fossero distesi.

Da ultimo, si può notare che la direzione dei Klippen differisce sovente dalla direzione generale prevalente nelle Alpi della Svizzera.

Secondo l'opinione di Schardt ([1]), l'insieme delle « Prealpi » dall'Arve all'Aar è stato trasportato « en bloc » dal sud. I Klippen ed altre montagne simili all'est e all'ovest di questo distretto, sono di origine identica, furono una volta continui, ma vennero separati dalla denudazione. Come le Prealpi, non hanno « radice », ma posano sopra una base di strati più recenti (terziari). Per quanto ciò possa sembrare improbabile, fino ad ora non fu avanzata nessun'altra spiegazione che meriti di essere sostenuta.

([1]) Schardt, « *Struct. Géol. des Pré-alpes* » Bib. Univ. Genève, 1892.

CAPITOLO XIV

I MASSICCI CENTRALI.

Le Alpi, strettamente parlando, non sono una catena di montagne, ma piuttosto una serie di dossi o di « Massicci Centrali », adoperando il termine dei geologi svizzeri.

In generale, si può dire che i Massicci Centrali hanno lo gneiss come roccia centrale e degli schisti cristallini, di età incerta, ai lati; le altre rocce sono di origine indubbiamente secondaria, ma tanto metamorfosate che, in molti casi, è difficile, se non impossibile, determinare la loro posizione geologica.

I Massicci Centrali furono dapprima riguardati come grandi archi, ma semplici; questa impressione è tuttora largamente diffusa, ed a questa diffusione concorre, in parte, il fatto che nelle piccole sezioni generalizzate, che solo si possono inserire nei manuali, è impossibile aggiungere i minuti ragguagli.

La loro struttura è molto più complessa di quella che potrebbe dedursi anche dalle carte geologiche più grandi. Nella eccellente carta di Studer, per esempio, tutta la strada del San Gottardo, da Erstfeld a Lugano, è colorata come gneiss, ad eccezione di tre fasce —

quella di protogino da Wasen a Göschenen; quella degli strati secondari che costituiscono la valle di Urseren, ed un'altra pure secondaria che forma la Val Bedretto, e attraversa il Ticino ad Airolo fino alla Val Piora. La grande carta svizzera del Dufour mostra che la struttura è lungi dall'essere così semplice; ed infatti nessuna carta ne può mostrare adeguatamente la reale complessità. Tutte le ricerche recenti sono state rivolte a dimostrare che la struttura di questi Massicci Centrali è molto più complicata (v. fig. 93) di quella dapprima supposta, a conferma del prudente detto di Saussure: « Il n'y a dans les Alpes rien de constant que leur variété ».

Sotto tale rispetto, intanto, i Massicci differiscono considerevolmente. Ad esempio, si dice che la struttura del Monte Rosa sia più semplice di quella del San Gottardo. Invero, i gneiss meridionali sono ordinariamente molto meno contorti che lo gneiss nei Massicci settentrionali.

Gli strati formano masse più o meno lenticolari, di composizione e struttura molto varia, presentando lo stesso gneiss molte varietà.

Lo gneiss, il granito, il protogino ed anche apparentemente il micaschisto passano impercettibilmente l'uno nell'altro. « I cangiamenti di tessitura e di condizione — dice Escher — variano non solo in letti differenti, ma anche in differenti parti dello stesso letto, di guisa che sovente si passa da un estremo all'altro per gradazioni impercettibili ».

Grubenmann [1], che recentemente ha pubblicato una Memoria speciale sui graniti del San Gottardo, sugge-

[1] *Verh. Thurgausch. Nat. Ges.* 1890.

risce che essi possono essere tutti derivati da una identica roccia primitiva, modificata da differenze di pressione e di temperatura. Schmidt addita che si trovano graniti normali appunto in quelle parti dei Massicci Centrali, dove ci aspetteremmo che la pressione sia stata meno estrema, mentre il protogino si presenta nelle parti piegate con intensità maggiore.

Duparc e Mrazec ([1]), che hanno studiato specialmente il protogino del Massiccio del Monte Bianco, lo riguardano come un granito granulitico. Heim ha indicato che molte rocce le quali in piccoli saggi potrebbero benissimo esser prese per granito, si mostrano in realtà stratificate se viste in masse più grandi. Come già menzionammo, egli riguarda alcune varietà di gneiss come parte della crosta terrestre primitiva. Egli considera alcune parti del protogino come granito compresso, ed alcune dello gneiss come protogino compresso, mentre ritiene altre masse di gneiss come rocce sedimentarie metamorfosate, e cita delle località dove le une passano impercettibilmente nelle altre. Ma su questi punti ci sono tuttora grandi differenze d'opinione.

Sopra una scala più vasta le sezioni mostrano serie ripetute di rocce omogenee, che, quanto più vengono esaminate, tanto più appariscono complicate.

Nel profilo dell'Aar si trova il granito ripetuto almeno nove volte, lo gneiss-granito dieci volte. Lo gneiss occhiatino, il mica-gneiss e lo gneiss grigio si ripetono parecchie volte. Nella valle della Reuss il granito e gli schisti cristallini alternano circa venti volte sopra una distanza di 4 chilometri. La stessa piega di Urseren è doppia e forse anche più complicata. In alcuni casi, questi cangiamenti possono essere dovuti a salti ed a ro-

([1]) *Arch. Sc. Phys. et Nat. de Genève*, 1892.

vesciamenti, ma in generale sembra che indichino delle pieghe. Baltzer ritiene che il Massiccio dell'Aar ne comprenda almeno sei [1].

La figura 93 che rappresenta la sezione della galleria del Gottardo, rivela con molta chiarezza tale complessità.

L'esistenza di gibbosità o Massicci risulterebbe naturalmente dall'aspetto generale delle Alpi svizzere, esposto più sopra. In ogni caso, sarebbe maggiormente improbabile l'avere una semplice successione di pieghe estesa per tutta la lunghezza della catena, e specialmente in una catena ricurva come quella delle Alpi. Inoltre, come fatto certo, si trova che i piegamenti di rado si estendono per tutta la lunghezza di una catena. Nel Giura, ad esempio, che oltrepassa i

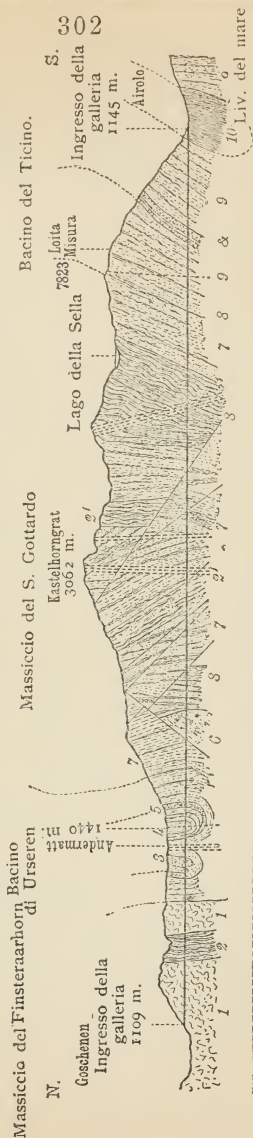



Fig. 93. Sezione del Monte S. Gottardo nel tratto della Galleria ferroviaria. 9 1/4 miglia.

1, Granito; *2*, Gneiss con vene di mica ed Eurite; *2'*, Gneiss con letti quarzosi e verdi; *3*, Cipollino; *4*, Schisti sericitici; *5*, Schisti neri; *6*, Serpentino; *7*, Gneiss che passa in schisti quarzosi e micacei; *8*, Rocce con Hornblenda; *8'*, Rocce con Hornblenda; *9*, Micaschisti felspatici, calcarei e granatiferi; *9'*, Schisti quarzosi; *10*, Dolomiti.

(1) Baltzer, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxiv.

300 chilometri, le pieghe hanno rispettivamente delle lunghezze di 12, 27, 28, 31, 45, 14, 51, 92, 48, ed in un caso di 162 chilometri. Io posso aggiungere che la lunghezza non è in relazione con l'altezza. Thurmann calcolò che per tutto il Giura ci sono non meno di 160 pieghe, quantunque non se ne abbiano mai più di 12 in ciascuna delle sezioni trasversali.

Di regola, gli strati sul tratto settentrionale dei Massicci Centrali sono inclinati secondo un forte angolo, ed infatti, in alcuni luoghi, sono perpendicolari. Nel centro si può dire che tale sia la regola, ma ai lati si ha un'inclinazione meno ripida. Nondimeno l'inclinazione, invece di essere, come si potrebbe a prima vista aspettarsi, verso l'esterno, tende invece verso il centro. Nel fatto, la pressione fu così estrema, che le catene centrali ne rimasero serrate in modo da presentare una struttura a forma di ventaglio, fin da lungo tempo avvertita da Saussure, il quale le descrisse come urtantisi contro la montagna, o come gl'individui d'una calca rizzantisi sulle punte dei piedi e che nello sforzo per vedere inclinano gli uni sugli altri. La disposizione fu pure ben descritta da Studer, ma Lory ne dette la prima spiegazione. In alcuni casi, come nel Massiccio del Monte Bianco, questa struttura a ventaglio può scoprirsi in una anticlinale ordinaria.

La figura 25 offre una sezione attraverso la catena del Monte Bianco.

Una simile struttura a ventaglio si presenta nel San Gottardo (fig. 26), nel Grimsel, nella Silvretta, ecc., e può dirsi che si trova in tutti i Massicci cristallini del nord delle Alpi, ma non nel Ticino, nell'Adula, ecc. Essa fu pure trovata nei Pirenei, in Pensilvania ed in altre catene montuose [1].

---

[1] Favre, *Rech. Géol.*, III.

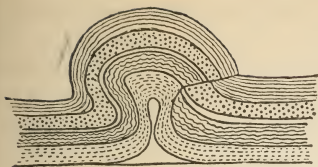



Fig. 94. Fig. 95.

Diagrammi per illustrare la struttura delle montagne piegate.

Paragonando la sezione del Massiccio del Monte Bianco (figura 25), o quella del San Gottardo (figura 26), con le figure 94 e 95 che mostrano le pieghe assunte da strati di argilla, di sabbia ecc., in due degli esperimenti del signor Cadell, si rileva come abbia potuto avere origine la struttura di queste catene montuose.

Nel tentare di comprendere la struttura dei Massicci Centrali, il primo problema che ci affronta è la vera natura delle rocce cristalline. Esse furono lungamente riguardate come rocce plutoniche intrusive che avessero sollevato gli strati secondari e perciò ne fossero più giovani. Ora, però, come già menzionammo (*ante*, pag. 27), si considerano come rocce essenzialmente passive e non attive; non come quelle che hanno sollevato le rocce secondarie, ma come rocce venute su insieme con esse per opera della pressione laterale; come rocce di estrema antichità, ed invero, secondo l'opinione di alcuni geologi, come quelle costituenti parte della crostra terrestre primitiva.

Alcuni geologi — veramente, io credo i più — considerano che le rocce cristalline sono state non solo denudate, ma pure molto piegate, prima che si depositassero gli strati secondari; altre grandi autorità, come Heim, disputano su questo punto; esse credono che il piegamento più antico fu relativamente debole e

che, in generale, fu simultaneo il piegamento dello gneiss e degli strati secondari.

I Massicci Centrali, il Massiccio del Monte Bianco, il San Bernardo, il Monte Rosa, il Massiccio dell'Aar, del San Gottardo, dell'Adula, ecc. sono al presente più o meno completamente distaccati.

Per lungo tempo vi fu una questione se tali masse montuose dovessero riguardarsi come centri indipendenti di elevazione o come parti di un sistema generale. Fino a tanto che le catene montuose si considerarono come spinte dal basso in su da un'azione vulcanica, il primo modo di vedere sembrò in gran parte probabile.

La struttura delle rocce non offre prove decisive. Senza dubbio esse convengono nella condizione generale. Lo gneiss del Massiccio dell'Aar è molto simile a quello dell'Ospizio del San Gottardo. Il protogino pure si ripete. Quello del Massiccio del San Gottardo somiglia in alcuni luoghi a quello del Monte Bianco.

D'altra parte, le rocce fondamentali sono molto simili in tutto il mondo. Inoltre, ad onta di questa somiglianza, ci sono considerevoli differenze nei particolari.

In molti casi queste differenze possono essere dovute a cause meccaniche; ad esempio, quelle fra il San Gottardo e l'Adula al fatto, forse, che il primo è più compresso. Pertanto, sembra chiaro che le rocce di ciascuno differiscono tanto quanto quelle fra Massicci differenti.

Inoltre, siccome le rocce incluse nelle pieghe fra i Massicci sono della stessa età, difficilmente si può dubitare che questa si applichi ai Massicci stessi. Qui pure l'analogia del Giura è molto istruttiva. Non ci sono le gibbosità in una scala molto grande, esse non sono formate di rocce così antiche e non sono tanto

denudate; ma evidentemente sono parti di un sistema, ed io non posso dubitare che sia lo stesso caso per i grandi Massicci della catena svizzera centrale.

Senza dubbio il granito è per la massima parte di grande antichità, poichè se ne trovano ciottoli nella puddinga del Carbonifero; esso emerge in molti luoghi ora più ora meno distaccato, e probabilmente vi furono parecchie eruzioni distinte di questa roccia; ma l'azione della denudazione successiva ha diviso molti tratti che una volta furono sicuramente continui. Alcuni graniti, senza dubbio, sono intrusivi. Ciò è rivelato dal fatto che rocce ad esso vicine sono in molti luoghi sollevate e modificate dal calore. Tuttavia sarebbe un errore riguardare il granito come l'agente del disturbo; esso stesso, al contrario, fu sollevato dalla generale pressione laterale. In alcuni casi sembra che non si sia interamente fatto strada attraverso le rocce soprastanti, ma che sia stato messo a nudo da profonde erosioni (1).

Io ho già indicato che i Massicci Centrali furono una volta coperti da rocce secondarie aventi un grande spessore. Però, a parte questa evidenza, noi dobbiamo pensare che lo gneiss, il granito, gli schisti cristallini devono essersi raffreddati sotto una grande pressione ed a grande profondità. Quando noi ci fermiamo sopra una di tali rocce, dobbiamo con l'immaginazione riporre sopra di essa parecchie migliaia di piedi di roccia, ora rimossa. Lo gneiss, a misura che raggiungeva a poco a poco la superficie, avrebbe assunto un carattere del tutto diverso, rassomigliando probabilmente le porzioni superficiali alle moderne lave.

Questi strati superiori furono rimossi dalla denu-

---

(1) Theobald, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. III.

dazione, e sulla superficie così scoperta si depositò un grande spessore di roccia sedimentaria. Le figure 25 e 26 mostrano che sui lati del Massiccio del Monte Bianco e su quello del San Gottardo ci sono pieghe di strati secondari; questi in origine dovettero essere continui ed avere oltrepassato le montagne interposte a guisa di un grande arco.

Sorby, come già ricordammo, considerò che i graniti da lui presi in esame si sono raffreddati sotto una pressione eguale a quella di 30.000 piedi e, in alcuni casi, di 80.000 piedi di roccia.

Quindi, mentre c'è ancora molto da imparare circa la struttura di questi Massicci Centrali e le loro relazioni, si hanno ragioni valide, per non dire decisive, per riguardarli:

a) come una parte integrale del sistema alpino generale e non come centri indipendenti di sollevamento;

b) come sistemi complicati di piegamenti compressi e di salti.

CAPITOLO XV

IL LAGO DI GINEVRA.

Mon lac est le premier. — VOLTAIRE.

Il lago di Ginevra ha 45 miglia di lunghezza e circa 10 di larghezza; è a 375 metri sul livello del mare ed ha una profondità di 309 metri.

Inoltre, il fondo è coperto da depositi posteriori di spessore sconosciuto, di maniera che in un tempo si trovò probabilmente sotto, e forse molto sotto, il livello del mare. Invero, se i declivi delle montagne a Meillerie ed a Vevey (fig. 100) continuano sotto il letto del lago, l'alluvione deve avere uno spessore di non meno di 600-800 metri, e ciò porterebbe il fondo a 200-400 m. sotto il livello del mare. L'attuale sbocco a Ginevra è sopra una superficie di detriti, ma a Vernier il fiume scorre sopra una roccia solida a 365 metri sul mare, e perciò a 10 metri sotto il livello superficiale del lago e a 290 metri sopra il fondo. Si tratta quindi, di un vero bacino in roccia.

Nel porto di Ginevra, un po' a sud-est del Giardino inglese, ci sono due massi erratici, che sporgono sull'acqua e sono conosciuti col nome di « Pierres à Niton »,

poichè si dice che al tempo dei Romani sopra di esse si offrivano sacrifizi a Nettuno.

Il lago di Ginevra ha quasi la forma d'una mezzaluna, e se noi ricordiamo che la valle faceva parte del lago almeno fino a San Maurizio, se non fino a Briga, la somiglianza, anticamente, deve essere stata ancora più precisa. Si suppone che Port Valais fosse sul lago al tempo dei Romani.

Le rocce primarie non fanno in nessun luogo la loro comparsa intorno al lago di Ginevra. Il suo limite orientale è una valle trasversale tagliata attraverso una serie di pieghe sinclinali ed anticlinali, in strati che vanno dal Triasico al Terziario. Il resto del lago, da Clarens a nord e da Meillerie a sud, giace nel Miocene (Molassa), coperto, per altro, in alcuni luoghi da depositi glaciali che, specialmente a sud, raggiungono uno spessore considerevole.

I promontori intorno al lago sono, nel maggior numero, attraversati da una corrente e, infatti, essi sono coni di fiume. Però, quello di Yvoire non può spiegarsi in tal modo, e Favre [1] ha additato che esso è, in realtà, una grande morena. Esso forma uno dei distretti più pittoreschi di tutta la sponda. La vista del lago, i magnifici gruppi di castagni e gl'innumerevoli massi erratici gli dànno un carattere affatto speciale.

Il piano sul lato sud del lago, ed anche l'alto terrazzo di San Paolo, sopra Evian, è interamente erratico, e dovuto alla confluenza degli antichi ghiacciai del Rodano e della Dransa. Nella valle della Dransa, sopra Thonon, i depositi hanno uno spessore immenso, e dal loro studio, molti anni fa, Morlot si convinse dell'esistenza di almeno due periodi glaciali.

---

[1] Favre, *Rech. Géol.* vol. i.

La catena dei Voirons è un rialzo anticlinale diretto da nord a sud, rovesciato ad ovest; e l'arco è rotto più o meno profondamente sino al Flysch, al Necomiano ed anche al Malm [1].

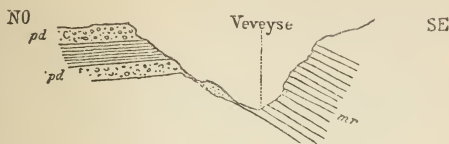



Fig. 96. Sezione attraverso la valle della Veveyse.
pd, Puddinga ; *mr*, Miocene Rosso.

Il paese intorno a Vevey ed a Montreux è la « Riviera » della Svizzera. Presentemente esso è delizioso, ma quale deve essere stato prima che i monotoni terrazzi dei vigneti e gl'interminabili filari di viti prendessero il posto delle antiche foreste di castagni, di betulle e di faggi, ed i pittoreschi « châlets » svizzeri cedessero il campo alle biancheggianti ville e agli alberghi giganteschi !

Morlot richiamò per il primo l'attenzione sull'esistenza d'un salto ad ovest di Vevey. Esso comincia a Gonelles, proprio ad ovest della città, e si dirige a Châtel S. Denis, seguendo per qualche tratto l'alta riva della Veveyse.

Il cono della Tinière è degno di particolare interesse per il tentativo fatto da Morlot di calcolare approssimativamente la data dell'ultima Età della Pietra, nella Svizzera. Egli stimò per l'Età del Bronzo un'antichità dai 2900 ai 4200 anni, per quella del Neolitico dai 4700 ai 7000 anni, e per l'intero cono dai 7400 agli 11.000 anni.

---

(1) Renevier, *Add. Pres. Soc. Helv. des Sc. Nat.*, 1893.

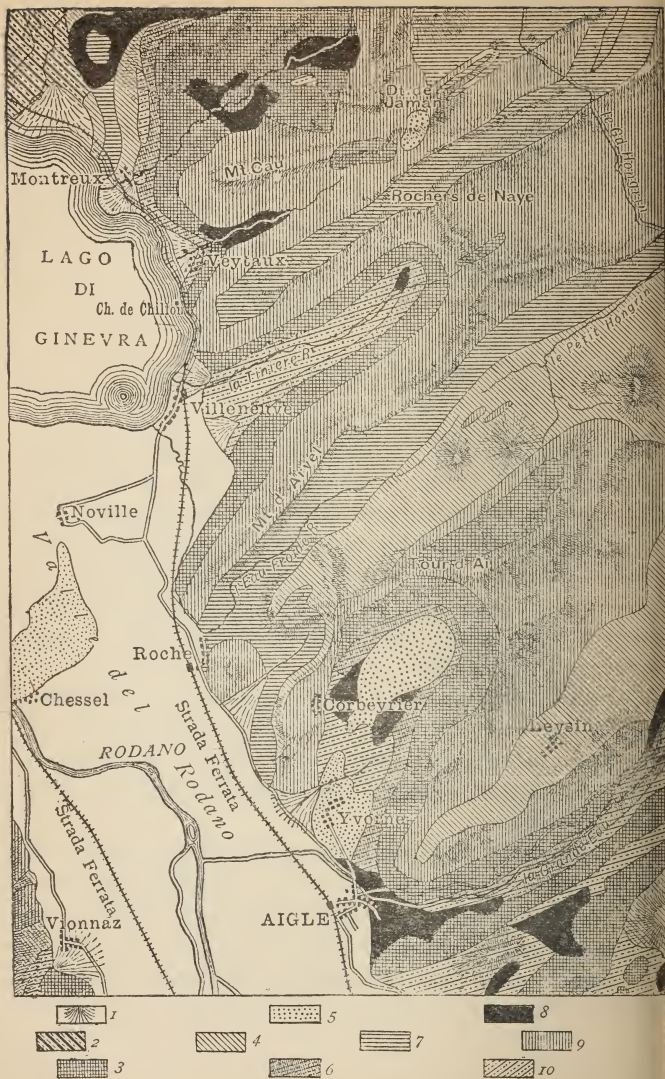



Fig. 97. Limite orientale del lago di Ginevra e parte della valle del Rodano. *1*, Coni di fiume; *2*, Nagelflue del periodo della Molassa; *3*, Lias Medio e Inferiore; *4*, Flysch; *5*, Frane; *6*, Retico; *7*, Cretaceo; *8*, Depositi erratici; *9*. Giura Inferiore; *10*, Gesso.

Al limite orientale del lago di Ginevra gli strati si cacciano (fig. 97) in una serie di archi sul lato settentrionale.

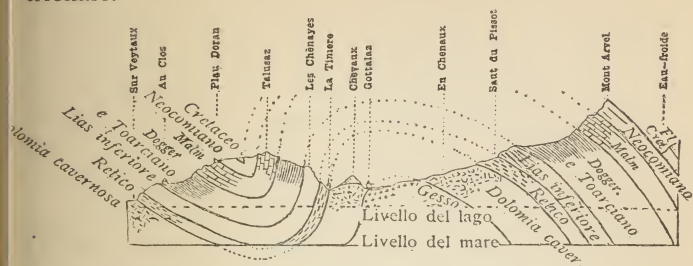



Fig. 98. Sezione trasversale della valle della Tinière, presso Villeneuve.

Rénévier e Golliez danno la serie seguente:

a) Valle anticlinale della Verage a Jaman.

b) Rialto sinclinale di Sonchaud a Naye.

c) Valle anticlinale della Tinière (fig. 98).

d) Valle sinclinale dell'Eau Froide (Cretaceo e Flysch).

e) Circo anticlinale di Corbeyrier (Triasico).

f) « Plateau » sinclinale di Leysin.

g) Valle anticlinale della Grande Eau, scavata nel Trias.

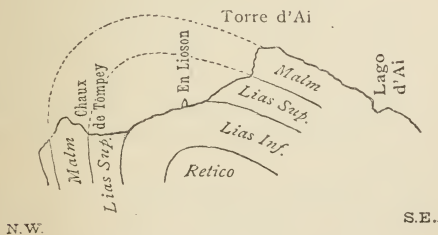



Fig. 99. Sezione attraverso la Tour d'Ai.

La « Tour d'Ai », che dona lineamenti così spiccati al paesaggio nel limite orientale del lago di Ginevra,

come mostra la figura 99, rappresenta la punta di un arco rotto, di Malm.

Dal « Rocher de Naye », ora accessibile mediante una ferrovia di montagna, si gode una vista sublime. Ad est l'Oberland Bernese; più lontano, ad ovest, il Dent du Midi e l'estrema vetta del Monte Bianco; a nord il gran piano della Svizzera, ed a noi dintorno le Pleiadi, ecc., le « Tours » d'Ai e di Mayen; una confusione di alture e di valli, di precipizi dai colori grigi, di ripidi declivi erbosi d'un verde chiaro picchiettato di masse scure, e chiazze e linee e gruppi di pini sotto i quali sono alberi decidui d'un verde più pallido — ed ai nostri piedi la distesa azzurra dell'acqua del lago di Ginevra.

CONFORMAZIONE DEL LAGO.

Sebbene la forma del lago sia in se stessa tanto semplice, in realtà esso è formato da due bacini convergenti: quello dell'est, che è una valle trasversale, mentre la metà occidentale — come i laghi di Neuchâtel, di Bienne e di Morat — segue la direzione delle catene giuresi e l'asse anticlinale della Molassa. Si può quasi dire che il « Petit Lac », il lago di Neuchâtel e quello di Bienne formino un solo bacino lacuale. Probabilmente esso ebbe origine al tempo stesso delle montagne, che presentano la medesima curva generale come quella porzione del lago [1].

L'estremo orientale, al contrario, fino ad una linea che unisca Vevey a Meillerie, è una valle trasversale

---

[1] Favre, *Rech. Géol.* vol. i.

o chiusa, che attraversa gli strati secondari e dell'Eocene, gittati in una serie di pieghe sinclinali e anticlinali. La maggior parte del primitivo « Haut Lac » è attualmente una pianura, riempita, ad una profondità sconosciuta, dai depositi del Rodano. L'Haut Lac è, infatti, una valle trasversale di fiume aperta dal Rodano ed in seguito, per un cangiamento di inclinazione, di nuovo parzialmente riempita.

Questa distinzione fra le differenti parti del lago è in qualche modo riconosciuta dalla nomenclatura locale, poichè l'estremo orientale è chiamato col nome di « Haut Lac », il centro col nome di « Grand Lac », ed il limite occidentale, più stretto, con quello di « Petit Lac ».

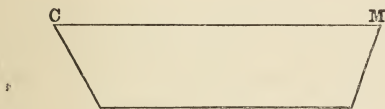
L'acqua del Rodano, in causa della sua densità maggiore, sprofonda più rapidamente sotto quella azzurra del lago, ma il limo sottile vien trascinato attraverso di esso e ne copre il fondo sino ad Amphion e a San Sulpizio.

Scala: orizzontale 1 : 200,000 — verticale 1 : 25,000.

Fig. 100. Sezione attraverso il lago di Ginevra, da Cully a Meillerie.

Il « Grand Lac » è limitato al nord da Molassa Miocenica; al sud, fino a Tour Ronde, da Lias e da Giurese, e più lontano, all'west, da immensi depositi glaciali e d'alluvione. Il centro (fig. 100) è occupato da un piano quasi orizzontale ad una profondità di 309 metri, indicando che l'alluvione deve avere un grande spessore.

La metà occidentale del lago è in strati, quasi orizzontali, di Molassa del Miocene Medio; perciò fu sca-

vata dopo il Miocene Medio e prima della fine dell'epoca glaciale.

Come già ricordammo, si ha qualche ragione per credere che il Petit Lac fosse in origine la valle dell'Arve. Esso presenta un'inclinazione generale da Ginevra a Morges, ma con alcuni bacini leggermente distinti, in causa di banchi trasversali, che Forel riguarda come morene antiche. Inoltre, i lati, come quelli di una ordinaria valle di fiume, inclinano più o meno verso il centro. Io ho già esposto (v. *ante* pag. 169) le ragioni per pensare che lo sfogo delle acque fosse, una volta, non a Ginevra, ma fra Morges e Losanna, al lago di Neuchâtel.

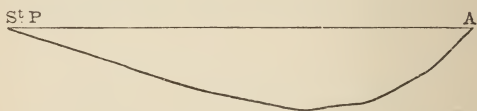
La presente figura presenta il profilo da St. Prex ad Amphion.

Scala: orizzontale 1 : 200,000 — verticale 1 : 25,000.

Fig. 101. Sezione attraverso il lago di Ginevra, da St. Prex ad Amphion.

Bisogna sempre ricordare che in questa ed altre simili figure, le scale verticali ed orizzontali sono affatto differenti. Esse fanno conoscere chiaramente il punto che devono illustrare, ma sotto altri rispetti potrebbero dare una impressione erronea. Generalmente si pensa che il lago di Ginevra sia profondo, mentre se venisse considerato in relazione con la sua area, potrebbe esser descritto come una pellicola d'acqua (fig. 68).

Fra Yvoire e Rolle, e ad una profondità di 60 metri, si ha un notevole banco conosciuto col nome di « Omblière », perchè è il luogo migliore per la pesca del-

l'« Omble Chevalier » (1) che qui viene a fregare. Esso è una morena antica, notevole pure perchè un musco (Thamnium alopecurum, var. Lemani) vive tranquillo su queste pietre (2).

Le « acque azzurre del rapido Rodano » (3), alte quindici piedi, si slanciano non correndo ma volando; non acqua che corre, nè onda che vola si dovrebbe chiamarla, ma materia glaciale fusa; *the force of the ice is in it, and the wreathing of the clouds, the gladness of the sky, and the countenance of the time* (4).

Gli avanzi dei villaggi lacustri mostrano che il livello, come in altri grandi laghi, ha variato molto poco in parecchie migliaia d'anni, poichè se il livello dell'acqua fosse stato più basso, tali avanzi sarebbero stati distrutti e, d'altra parte, i pali non sarebbero stati fissati in acqua più profonda.

Presentemente il lago è mantenuto ad un livello quasi costante dalle dighe e dalle cateratte che sono a Ginevra.

La condizione e la configurazione del lago di Ginevra offrono molti problemi difficili, per i quali ci sono tuttora molte opinioni diverse.

Il corso del Rodano, sotto il lago, è infinitamente curioso ed interessante. Esso presenta molti indizi di origine relativamente recente o, ad ogni modo, di cangiamenti recenti (5). Al Fort de l'Écluse esso attraversa uno stretto « cañon » o gola, profonda parecchie cen-

(1) É il Salvelinus humbla, Linn. *(N. d. T.)*.
(2) Forel, *Le Léman*.
(3) Byron.
(4) Ruskin.
(5) « Le Canon du Rhône » *Bull. Soc. Géol.* France, 1894; Schardt, « Chaîne du Reculet Vuache » *Eclog. Géol. Helv.* 1891.

tinaia di piedi, fra il Credo (Cret d'Eau) e il Monte Vuache (fig. 77). Questo monte è la metà di un'anticlinale, fessa longitudinalmente, e con la metà occidentale abbassata. La gola coincide con un cangiamento nella direzione della catena montuosa che, secondo Bourdon ([1]), ha dato origine ad un salto, ammontando a 1000 metri la differenza di livello fra il Credo e il Vuache. Quindi il Rodano entra in un piano e a Bellegarde raggiunge la Valserina che, quantunque più piccola, è in realtà il fiume padre, il cui corso primitivo è dovuto ad un salto. Immediatamente sopra la confluenza vi è la celebre « Perte du Rhône », dove il fiume si restringe a circa 15 metri ([2]), e, quando è basso, scompare più o meno completamente per 20 chilometri, scorrendo in un alveo profondo, stretto, tortuoso e spesso invisibile.

Questo fatto è dovuto alla presenza di strati orizzontali di durezza molto differente.

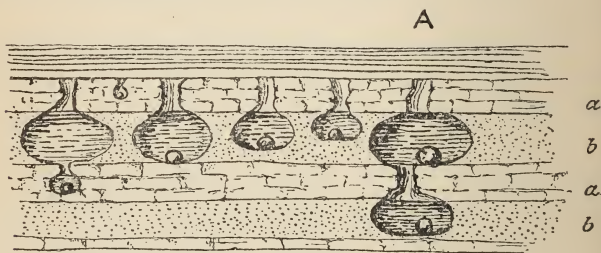



Fig. 102. Sezione longitudinale della Perte du Rhône.

La figura 102 rappresenta una sezione longitudinale e la figura 103 ne dà una trasversale: *a*, *a*, sono duri

([1]) *Bull. Soc. Géol.*, Paris, 1895.
([2]) Lenthéric, *Le Rhône*, vol. i.

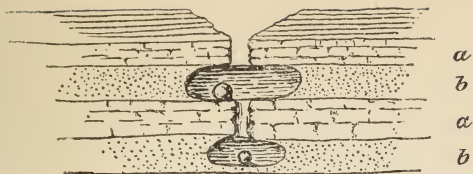



Fig. 103. Sezione trasversale della « Perte du Rhône ».

strati calcarei e *b*, *b*, sono strati più teneri. I ciottoli, di cui è carico il fiume, forarono a poco a poco in vari punti la roccia più dura; poscia, con maggiore effetto, cominciarono ad agire sullo strato inferiore più tenero che, gradatamente, consumarono sempre più, fino a formare, riunendosi, una specie di galleria, sufficiente a trasportare tutta l'acqua del fiume, quando esso è basso. In alcuni punti è stato consumato anche lo strato calcareo inferiore, cosicchè il medesimo processo comincia per una seconda volta. Nè il Rodano, nè l'Arve avrebbero, da soli, potuto produrre un tale effetto, poichè si richiede della ghiaia e dei ciottoli animati da una forza d'acqua sufficiente. Il Rodano è abbastanza grande, ma non trascina grandi quantità di pietre, mentre l'Arve, con abbondanza di ghiaia e di pietre, non possiede un flusso d'acqua che basti. In tal modo, il Rodano provvede la forza e l'Arve fornisce gli strumenti.

Dal Fort de l'Ecluse fin sotto Malpertuis il Rodano non è fiume, ma un torrente. Esso non ha avuto tempo d'avvicinarsi al suo « regime ».

Sotto Bellegarde, la sua pendenza è opposta a quella della valle. Mentre esso inclina da Bellegarde a Malpertuis, la valle è inclinata da Malpertuis a Bellegarde. Il fiume discende da 20 a 25 metri, il fondo si eleva sopra 200 metri. A Bellegarde la gola ha una profondità di 200 metri, a Malpertuis di 450 metri.

Così, mentre il fiume s'abbassa, la valle si eleva. È evidente che se la configurazione della superficie fosse stata una volta quale è ora, il fiume avrebbe formato un profondo lago, ne avrebbe riempito il fondo con depositi fluviali, ed intorno si troverebbero gli avanzi dei terrazzi lacuali. Tuttavia, non v'è traccia d'un tal lago.

L'inclinazione del fondo cangia presso Malpertuis, dapprima leggermente e poscia più rapidamente. L'inclinazione della valle coincide con quella della corrente, ed a Seyssel il Rodano è di nuovo un fiume. Il rapporto perciò tra la corrente di drenaggio e la superficie è molto notevole.

Noi siamo quindi irresistibilmente tratti a concludere che l'alto rialzo fra la Perte e Seyssel è di origine relativamente recente, e che fu aperto dal fiume a mano a mano che si sollevava.

Fra il Cantone di Vaud e quello di Ginevra vi è stata una lite durata quasi due secoli, poichè gli abitanti del primo protestavano che avendo i mulini, le dighe, ecc. inalzato a Ginevra il livello del lago, ne venivano inondate alcune delle loro strade e delle loro campagne. La prova addotta sembra decisamente indicare una leggiera elevazione del livello dell'acqua. Ma, d'altra parte, pare che la popolazione di Ginevra abbia provato che un tale cangiamento di livello non ha avuto luogo. È possibile che i Cantoni abbiano ragione tutti e due e che Ginevra si sollevi tuttora lentamente. Il tempo risolverà questo problema interessante.

Probabilmente la Salève è un monte molto recente, e si ha qualche ragione per credere che si elevi tuttora. Un'occhiata sulla carta ne rivela che essa ha deviato il corso dell'Arve, il quale fa un'ansa intorno al suo estremo nord-orientale. L'elevazione della montagna ha influito sulla pendenza del fiume in guise opposte, a

monte e a valle. Sotto, naturalmente, la pendenza aumenta e l'Arve ha perciò tagliata una gola stretta, profonda, quasi un cañon. A monte, invece, la pendenza diminuisce, e la valle si cambia quasi in un piano con un fiume largo e poco profondo. Nondimeno, tosto che cessasse il sollevamento della Salève, il fiume comincerebbe ad incidere questo piano, specialmente perchè i depositi ne sono d'una tessitura molto sciolta. Questo processo, dice Bourdon [1], non è ancora cominciato, indicando che il sollevamento deve avere avuto luogo molto recentemente, se anche ora è del tutto cessato.

Ricapitolando, sembra probabile: che i due estremi del lago di Ginevra rappresentino rispettivamente le valli del Rodano e dell'Arve; che essi incontrassero la Dransa rimpetto a Morges, e il fiume, che ne risultava, corresse a nord, al lago di Neuchâtel; che un cangiamento di livello del paese desse poi origine al lago; ed infine, che il taglio della gola a Fort de l'Écluse procurasse al lago l'attuale sbocco ad west, gradatamente abbassandone il livello.

---

(1) *Bull. Soc. Géol.*, Paris, 1895.

CAPITOLO XVI

IL MASSICCIO DEL MONTE BIANCO.

> Il y a dans la nature comme dans les arts des choses difficiles à comprendre, qu'on doit voir ou entendre plusieurs fois pour en saisir la grandeur; il en est ainsi de la chaîne du Mont Blanc, plus on la voit et la parcourt, mieux on en saisit la beauté.
>
> FAVRE.

Il Massiccio del Monte Bianco, ellittico nel contorno, ha circa 10 miglia di lunghezza e 10 di larghezza. Esso si estende da S. W. a N. E., dal Col de Bonhomme a Martigny. Veramente, da un punto di vista geologico, esso giungerebbe ai Dents de Morcles, poichè il Rodano ne ha separato la porzione di nord-est.

Consta principalmente di due catene disuguali (v. figura 104); la minore o delle « Aiguilles Rouges » a N. W., e la maggiore, o catena del Monte Bianco, a S. E. Esse sono separate dalla valle longitudinale di Chamounix e limitate da due altre valli: la valle di Sixt a nord, e la Val Ferret a sud. Queste valli, grandemente approfondite dall'erosione, sono chiaramente dovute, in primo luogo, ad un'azione geotettonica. La Val Ferret si estende dall'Allée Blanche ad west, a Sembranchier all'est, ma con le porzioni più alte al-

l'Allée Blanche e al Col de Ferret, cosicchè le acque s'incontrano quasi a metà strada fra i due passi, al piede del ghiacciaio della Brenva. In questo punto esse volgono a sud, attraverso una valle trasversale fino a Villeneuve, a sud-west di Aosta fra il Mont Chetif e la Mer de la Saxe, che sembrano stare a guardia dell'ingresso; a somiglianza, come dice Studer, dei pilastri all'ingresso d'un tempio indiano.

La catena centrale e la sommità stessa del monte Bianco (4810 metri) constano principalmente di protogino che, passando al nord, è fiancheggiato da schisti cristallini di età indeterminata, seguiti alla lor volta da strati appartenenti ai periodi Carbonifero, Giurese e Cretaceo.

I Grands Mulets e il Dôme du Gouté risultano di schisti cristallini che, veramente, circondano l'intero Massiccio, eccetto che sul lato meridionale, dove esso ne manca in Val d'Entrèves e in Val Ferret. Sotto tale riguardo, i fianchi settentrionale e meridionale della catena presentano un contrasto notevole.

Le fig. 94 e 95, conforme alle esperienze di Cadell sui piegamenti di strati compressi d'argilla, illustrano la struttura dei Massicci Centrali: la figura a destra rappresenta la struttura a ventaglio, mentre quella a sinistra mostra un rovesciamento, e suggerisce una spiegazione possibile per l'assenza degli schisti cristallini in alcuni luoghi a sud della catena.

Da Servoz quasi fino a Les Houches, sui due lati dell'Arve, s'incontrano strati Carboniferi che si estendono verso est in due fasce: una, da Servoz verso Mont Buet, l'altra che comincia sotto Argentière, passa sul Col des Montets, va giù pel Trient, fino a Vernayaz, e attraverso il Rodano al Monte di Fully. Le ampie valli di Chable e di Liddes sono pure dovute alla relativa

Fig. 104. Sezione attraverso la catena del Monte Bianco.

erodibilità degli schisti antracitiferi appartenenti a questo periodo.

I tre principali rappresentanti degli strati Carboniferi sono:

1.° schisti argillosi che frequentemente contengono avanzi vegetali;

2.° arenarie micacee che spesso somigliano molto a degli schisti cristallini;

3.° il noto conglomerato detto Puddinga di Vallorsina.

Questa puddinga risulta di ciottoli rotolati e di massi che talvolta sorpassano il diametro di un piede. Essi dovettero venir giù per opera di torrenti molto somiglianti ai torrenti alpini dei nostri giorni, e rivelano perciò la presenza di montagne più antiche.

I ciottoli sono principalmente di roccia primitiva, soprattutto di gneiss, ma non comprendono granito o porfido, di modo che queste rocce non poterono essere allo scoperto, ma dovettero essere nascoste e protette da altri strati. Essi sono mescolati con quarzo e con mica ed immersi in un duro cemento rossiccio. Come già menzionammo, massi di questa puddinga furono dal ghiacciaio trasportati a grande distanza.

Essa fu ben studiata e descritta dal De Saussure a Ceblancs nel 1776, a nord del monte Les Posettes, dove gli strati sono verticali, mentre — come egli notò — dovettero essere orizzontali o quasi, quando in origine si depositarono. « Bisogna adunque riguardare — egli dice — come una cosa dimostrata che tali puddinghe si sono formate in una posizione orizzontale o press'a poco tale, ed in seguito si raddrizzarono dopo che s'indurirono ». Questa importante osservazione fu la prima prova del sollevamento degli strati sedimentari [1].

---

[1] Favre, *Rech. Géol.*, vol. ii.

Nondimeno, per quanto ciò possa ora sembrarci evidente per se stesso, parve straordinario in quei tempi, e Bertrand tentò dimostrare che i letti di ciottoli poterono depositarsi in una posizione verticale!

Grandemente varia è la proporzione dei ciottoli in questo deposito. Talvolta essi ne formano press'a poco tutto l'insieme, con un cemento appena sufficiente per tenersi uniti. In altri luoghi sono relativamente pochi ovvero mancano affatto, ed in questi casi è difficile distinguere questa roccia da qualcuna degli schisti cristallini.

La Val Ferret e la valle di Chamounix sono sinclinali e contengono strati giuresi.

In riguardo al Monte Bianco: « io non tenterò — dice Favre — di descriverne l'apparenza, poichè è impossibile farsi una giusta idea di questa catena, coperta di brine ed ornata di mille punte rocciose, senza averla visitata. Nella natura, come nelle arti, vi sono delle cose difficili a comprendere, e che bisogna vedere e udire parecchie volte prima d'afferrarne la grandiosità: così è della catena del Monte Bianco; più la vediamo e la percorriamo e meglio ne cogliamo la bellezza » [1]. Tutto il distretto è di una bellezza singolare. « Io mi sono molto arrampicato — dice Ruskin — ed ho molto girato in mezzo alle Alte Alpi, ma non ho ancora visto alcuna cosa che eguagli la veduta dal Montanvert ».

Anche Favre parla di questo distretto con discreto entusiasmo, come « des lieux enchantés », e ritornò per più volte al Pavillon de Bellevue, durante i suoi studi geologici. Egli non sa se lodarne maggiormente lo splendido aspetto o le vedute magnifiche che, come dice giustamente, sorpassano qualunque descrizione.

---

[1] Favre, *Rech. Géol.* vol. ii.

Il vero proseguimento della valle di Chamounix verso est non è il Col des Montets e la Tête Noire, ma il Colle di Balme. L'Arve discende in una valle longitudinale fino a Les Houches, dove il versante occidentale della valle passa sopra il Colle di Voza. Il fiume però rompe a nord in una valle trasversale, tagliando strati Carboniferi. Il contrasto fra la stretta e selvaggia gola trasversale e la superiore valle longitudinale più aperta è molto spiccato. Sotto Servoz, per un breve tratto, il fiume occupa di nuovo una valle longitudinale, e poscia da Sallenches corre tortuosamente per la stretta gola di Cluses fino a Bonneville, dove esce sopra un ampio piano alluvionale.

Come già menzionammo, la Val Ferret a sud e le montagne all'west, che si estendono dalla valle del Rodano, a sud di San Maurizio, fino alla valle dell'Arve a Servoz- il Monte Ruan, il Cavallo Bianco e il Monte Buet sono giurassici; e sorge la questione se una volta gli strati secondari si estendessero in un grande arco sopra il protogino del Monte Bianco. Per ora, questa può senza dubbio risolversi affermativamente, e la prova definitiva è dovuta a Favre. In una occasione memorabile, il 12 agosto 1847, egli ascese l'Aiguille de Glière. Era una giornata splendida: « Io feci [1], narra egli stesso, una lunga sosta alla sommità di questa aguglia, godendo dei diversi punti di vista. Contemplai lungamente con un piacere inesprimibile questa scena maestosa, ma ad un tratto osservai a nord-est, in una delle Aiguilles Rouges, una struttura che mi trasportò subito in un altro ordine di idee, non meno grande e non meno elevato della meditazione nella quale m'aveva immerso

[1] Favre, *Rech. Géol.* vol. ii.

il grandioso spettacolo che si offriva ai miei occhi. Io scorsi che le Aiguilles Rouges erano costituite di gneiss in strati verticali, le esaminai col cannocchiale e fui colpito dalla specie di « cappello » che portava la più elevata. Questo cappello (fig. 104, 105) è formato da strati quasi orizzontali, posanti sulle « tranches » di gneiss che compongono il corpo della montagna. Questa vista attrasse tutta la mia attenzione. Era evidente che la discordanza, che io vedeva fra gli strati quasi orizzontali e lo gneiss, indicava essere il cappello della Aiguille Rouge d'altra natura dell'aguglia stessa ».

Il cappello era infatti formato da strati giuresi, dimostrando decisivamente che le rocce secondarie si continuavano una volta sopra il Massiccio; e a giudicare dal loro spessore altrove, il valore delle rocce secondarie denudate può difficilmente esser minore di 3000 metri, ai quali bisogna fare una forte aggiunta, poichè è stato pure rimosso uno spessore considerevole delle rocce cristalline.

Non è ben chiaro se possa dirsi lo stesso per gli strati terziari più antichi; ma, terminando essi a precipizio lungo il fianco meridionale del Massiccio del Monte Bianco, è certo che essi devono, ad ogni modo, essersi estesi lontano oltre i loro limiti attuali. A sud delle Alpi, gli strati Cretacei e Nummulitici ricompariscono nelle vicinanze di Varese e di Torino.

Ad ogni modo, però, gli strati secondari formavano un grande arco sopra il Buet, che si continuava in una compressa piega sinclinale e fu la causa determinante della valle di Chamounix; poscia essi (fig. 104, 105) si elevavano in un grande arco sopra la catena centrale del Monte Bianco. Questo, perciò, fu una volta coperto da 3000 a 4500 metri di strati, interamenti rimossi.

Il lasso di tempo così indicato dovette essere enorme.

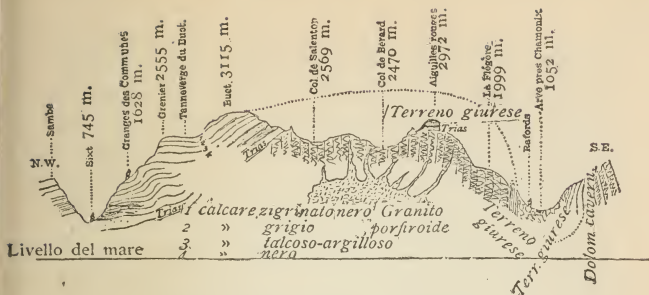



Fig. 105. Sezione da Sixt a Chamounix.

Si è calcolato che la superficie generale del paese si sia abbassata, nell'area di scolo del Rodano, di circa un piede in 1500 anni (1), quantunque la misura sarebbe senza dubbio maggiore nelle parti più montuose.

La valle di Chamounix presenta grandi prove di azione glaciale, contenendo numerosi massi erratici e parecchie morene. Quella dell'Argentière, che quasi chiude la valle superiore, oltrepassa i 100 metri d'altezza, e fu la morena laterale destra del Ghiacciaio d'Argentière. Quella pure di destra del Ghiacciaio « des Bois » non si arresta col ghiacciaio, ma è prolungata in guisa di un baluardo immenso, che, un tempo, si estendeva proprio attraverso la valle, sbarrando il fiume e formando un lago. Ora però essa è stata tagliata dall'Arve, formando il « Passage des Tines ». Ha un'altezza che supera i 170 metri, ed uno fra i massi più grandi, noto col nome di « Pierre de Lisboli », è lungo 15 metri. A monte di questa morena, l'Arve ha inalzato il livello di tutta la valle.

Chamounix stessa è fabbricata, e per un gran tratto,

(1) Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, vol. ii.

sopra un'antica morena terminale del ghiacciaio « des Bois »: ciò è indicato dal carattere dei massi, che sono di granito, molto differenti dalle rocce del Brevent.

Più in basso nella valle, a Montquart, si trova un'altra morena, la quale finisce un po' al disotto del torrente che viene dal Ghiacciaio di Taconnaz. Uno dei massi che le appartengono, chiamato Pierre Belle, ha 24 metri di lunghezza, 9 di larghezza e 12 d'altezza.

In un periodo più antico, però, tutta la valle era riempita dal ghiacciaio, e lungo tutta la fronte della catena del Monte Bianco può chiaramente scoprirsi il limite superiore raggiunto dal ghiaccio (v. fig. 106). In quest'epoca il ghiacciaio era diviso; un ramo passava giù nell'Arve, ed un altro, valicando il colle di Balme e la Tête Noire, si dirigeva alla valle del Rodano.

Le morene del distretto di Chamounix sono molto interessanti, come quelle che collegano con molta evidenza gli antichi ghiacciai dell'epoca glaciale con i ghiacciai dei nostri giorni.

Inoltre, come viene indicata dalla superficie liscia ed arrotondata della roccia, l'azione glaciale può essere rintracciata sopra il Col des Montets fra Vallorsina ed Argentière, all'altezza di 1474 metri; allo Châlet di Pliampra, a 2080 metri, ed alla sommità del monte Les Posettes, a 2208 metri.

Rimpetto a Les Houches, dove l'Arve piega bruscamente in una valle trasversale, le rocce hanno grandemente risentito l'azione del ghiaccio. A Châtelard, presso Servoz, sul lato destro della strada, vi sono parecchie Marmitte dei Giganti molto belle.

Sotto Servoz il fiume piega di nuovo ed entra in un'altra valle longitudinale. Più lontano, sul lato destro, fra Combloux e Sallenches, fin da lungo tempo Rendu osservò con sorpresa che il terreno coltivato si elevava

Fig. 106. Valle di Chamounix.

fino ad una certa altezza, e poi ad un tratto era messo a bosco. Ed egli stesso trovò che ciò era dovuto ad una morena laterale, i grandi massi della quale rendevano impossibile la coltivazione. Essa forma uno dei gruppi più notevoli delle Alpi, probabilmente per la sua posizione, proprio di fronte alla stretta di Servoz, donde il gran ghiacciaio discese nella valle di Sallanches. La morena non cessa a Sallanches, ma continua lungo tutta la gola di Magland, però soltanto sul lato sinistro. Non un masso solo di granito si trova in un luogo qualunque sulla destra dell'intera gola. Perchè ciò?

Rendu ne suggerì la spiegazione. Un ghiacciaio più piccolo raggiunge dal Buet quello dell'Arve a Servoz, e continua con esso giù per la valle. Derivando questo affluente da una regione calcarea, i massi che ne formano la morena non si distinguono dai detriti che cadono dalle montagne, specialmente perchè sono meno duraturi dei massi di protogino, che vengono dalla catena del Monte Bianco. Alla cascata di Arpenaz (fig. 1, pag. 28) sono molto bene in evidenza i piegamenti delle rocce. Tutto il piano fra Cluses e la Salève è coperto di depositi glaciali ed è sparso di massi di protogino, ad eccezione di una zona calcarea, di larghezza molto variabile, che si stende dal principio della valle di Bornand, per S. Laurent, La Roche e Cornier, e termina alquanto ad est di Regnier. Questa zona, nota col nome di « Les Rocailles », è sterile e relativamente incolta. È, infatti, una morena appartenente all'antico ghiacciaio della valle del Bornand.

La fig. 104 mostra la struttura a ventaglio, tanto caratteristica dei Massicci alpini.

La congiunzione degli schisti cristallini e del protogino è ben distinta a L'Angle, sull'orlo della « Mer de Glace », sopra Montanvert. Gli schisti diventano più cristallini avvicinandosi al Massiccio Centrale, e la linea

d'unione col protogino può difficilmente distinguersi dal vero gneiss. Il feldspato è generalmente bianco, talvolta roseo; la mica è bianca, bruna o nera. Il celebre « Giardino » è un'isola di roccia nel Ghiacciaio del Talèfre.

Nel centro del « Plan des Dames », sul Col de Bonhomme, si trova un mucchio di pietre, su cui ognuno che passi ha l'uso di porne una, come si fa a Gerusalemme sulla così detta tomba di Assalonne, e in molti altri luoghi.

Come di solito nelle Alpi, il fianco meridionale ha un pendio più scosceso di quello settentrionale, e per conseguenza le valli trasversali sono più brevi. Infatti, le montagne formano una muraglia grande e quasi continua dal Monte Bianco alle Aguglie di Argentière. I passi sono soltanto due o tre e molto elevati. Il più frequentato è il Colle del Gigante.

Di tutte le vedute sulle Alpi — dice Forbes — poche, o forse nessuna, possono paragonarsi a quella del Massiccio del Monte Bianco, visto da Courmayeur.

Le morene a sud della catena sono pure molto grandi.

Il Cretaz de Saleinoz, in Val Ferret, è una delle più magnifiche che siano in tutte le Alpi. Essa fu la prima morena laterale destra del ghiacciaio di Saleinoz, ma ora ne è affatto distaccata. Ha un'altezza da 30 a 50 metri, e sostiene immensi massi di protogino.

Le superficie di rocce levigate, presso il ghiacciaio di Triolet e di Mont Dolent arrivano all'altezza di 2500 metri, quasi, cioè, a quella del « Col du Petit Ferret ».

La morena d'Ivrea, all'imboccatura della valle di Aosta, (v. pag. 99) è la più grande delle Alpi o, meglio, d'Europa, e forma un gran semicerchio della lunghezza di 20 miglia, che si eleva a circa 460 metri di altezza.

CAPITOLO XVII

IL VALLESE.

La Valle del Rodano, dal lago di Ginevra al ghiacciaio, forma il cantone del Vallese — la valle per eccellenza.

In altri tempi la valle attuale, da Villeneuve alla gola di S. Maurizio, fu, evidentemente, parte del lago, e sarebbe così tuttora senza i depositi portati giù dal Rodano.

Questo fiume occupa, da Villeneuve a Martigny, una valle trasversale che taglia perpendicolarmente la direzione degli strati. Questi formano una serie di pieghe complicate, poichè spesso sono, per così dire, stritolati, e talvolta sono verticali. Essi corrispondono sui due fianchi.

Senza dubbio, la valle è di grande antichità. Favre e Schardt pensano che essa formava, una volta, uno stretto golfo del mare (1). Tal modo di vedere ha pure l'appoggio dell'alta autorità di Renevier, ma a me sembra, lo confesso, improbabile. Essa ha tutta l'apparenza d'una valle di fiume, senza dubbio antichissima e probabilmente vecchia quanto il Miocene. In

(1) *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXII.

origine essa apparteneva alla Dransa di Bagne, e molto verosimilmente, è più antica del Vallese Superiore o del sollevamento della catena Bernese.

Invero, la spiegazione dei fatti è difficile, a meno che si supponga che la Dransa si dirigesse approssimativamente per il suo corso attuale prima del piegamento cominciato a San Maurizio, e tagliasse il rialzo mentre si sollevava. In tal caso, la Dransa è, con probabilità, un fiume più antico del Rodano, e ad essa appartiene propriamente la valle fra Martigny e il lago di Ginevra.

In tempi relativamente recenti, il Basso Vallese era paludoso e soggetto ad inondazioni dannose, perciò le città si trovano in generale, situate sui coni delle correnti laterali. Aigle è su quello della Grande Eau, Bex si trova all'imboccatura dell'Avençon, Monthey su quella della Viège; Muraz, Vionnaz, Vouvry, Aux Evouettes, ecc., sui coni di altri fiumi. Fra i coni più notevoli vi ha quello del Bois Noir (fig. 107), formato dal torrente di St. Barthélemy, e quelli sopra Martigny; quello di Chamoson, all'imboccatura della Losenze, che è lungo 4 chilometri, s'inalza da 480 metri a 730 metri, ed ha, perciò, un'altezza di 250 metri (1). Il più sorprendente fra tutti è quello dell'Illgraben, presso Leuk. La quantità delle pietre, ecc., venute giù con questi tre torrenti è stata così enorme da sbarrare il fiume ed inalzare in tal modo, per qualche tratto, il livello generale della valle sopra di essi.

Il piano della valle del Rodano, dove il fiume entra nel lago, è quasi assolutamente uniforme, ma da Noville a Chessel si hanno numerose ondulazioni e collinette, delle quali le più alte sono all'west. A prima vista si

---

(1) Renevier, *Beitr. z. Géol. K. d. Schw.* L. xvi.

Fig. 107. Sezione attraverso la valle del Rodano, con il cono del Bois Noir.

potrebbero prendere per morene, ma sono, invece, dovute ad una gran frana.

Gli strati, in origine orizzontali, presso Noville si presentano a zig-zag in causa della pressione prodotta dai materiali caduti. La cicatrice, tuttora nota col nome di Derochiaz, è visibile anche adesso immediatamente sopra Aux Evouettes. Morlot propendeva ad identificare questa catastrofe con la gran frana avvenuta nell'*anno Domini* 456, che, secondo Marius d'Avenches e Gregorio di Tours, si rovesciò sulla città di Tauredunum. Altri pensano però che il Derochiaz sia più antico, ed additano che i materiali caduti non raggiungono il piede della montagna, ma ne sono separati da una distesa di terreno assolutamente piano, che essi spiegano supponendo la valle di Derochiaz occupata da un piccolo ghiacciaio, che agì a guisa d'un ponte, sopra cui i detriti scivolarono nel mezzo della valle [1].

Dai Dents du Midi, nel 1835, cadde una gran frana, la quale produsse un torrente di fango nero che corse

[1] FAVRE et SCHARDT, *Beitr. z. Géol. K. d. Schw.* L. XXI.

giù per il St. Barthélemy e coprì il Bois Noir. Ad altre frane del distretto si è già accennato.

La collina rocciosa di St. Triphon, di fronte ad Ollon, in un tempo, dovette essere un'isola. I suoi fianchi, scendono quasi verticalmente, e non può esservi dubbio che alla base esista il talus ordinario, ma essa è coperta da alluvione, indicando che in un periodo molto recente, geologicamente parlando, la valle fu un lago.

Il fondo della valle, ad una profondità considerevole, risulta di alluvione che contiene conchiglie d'acqua dolce, e talvolta terrestri. Per 400 o 1200 metri la Navisance ha tagliato la sua via attraverso la ghiaia.

Sui due lati del Vallese, gl'indizi di un'azione glaciale raggiungono una grande altezza, e spesso è facile rintracciare i limiti superiori dell'antico ghiacciaio. Pure immensamente grandi sono i depositi glaciali nelle valli laterali, e, sotto questo riguardo, la Valle di Devens, fra la Grionne e l'Avençon, è degna specialmente di nota per i molti grandi massi che contiene.

Sulla sponda sinistra del Rodano, una gran morena, resa classica dai lavori e dalle descrizioni di Charpentier, si estende con qualche intervallo dal « plateau » di Verossaz, sopra San Maurizio, a Muraz, per Monthey. È composta quasi interamente di protogino venuto dai declivi settentrionali della catena del Monte Bianco, ed alcuni dei massi sono tanto grandi da aver ricevuto nomi speciali — la Pierre à Dzo, la Pierre à Muguet, ecc.

A Bex, nel Trias, si trovano le celebri miniere di sale, lavorate per oltre 200 anni e per un tempo amministrate da Charpentier, che risiedeva nel villaggio di Devens.

La Dolomite e il Gesso che, generalmente, si considerano del Trias, risentono in special modo l'azione dell'atmosfera e dell'acqua, perciò i fiumi (ad esempio

la Grande Eau) ed i colli (ad esempio, il Col di Pillon fra le valli superiori della Grande Eau e della Sarina, quelli di La Croix, di Kinmeum, del Fruttlispass, ecc.) hanno tendenza a seguire la testata di questi strati. Sovente il gesso dà pure origine a cavità, che talvolta hanno dimensioni considerevoli. Il piccolo lago di Plambouit, che si dice molto profondo, occupa una di tali depressioni [1]. Ma quando si trova in terreni elevati, il gesso è ridotto dall'azione atmosferica in picchi aguzzi in modo speciale, simili a quelli delle Dolomiti.

Dal lago fino a Bex la valle è ampia ed aperta, ma da San Maurizio a Martigny è relativamente stretta, in causa della maggiore compattezza delle rocce. Immediatamente sotto San Maurizio vi è una cintura di dura

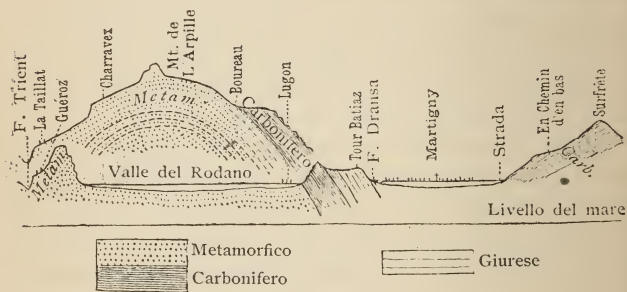



Fig. 108. Sezione attraverso la valle del Rodano, a Martigny.

roccia nera, appartenente all'età del nostro calcare; quindi vengono rocce cristalline — l'estremo orientale del Massiccio delle Aguglie Rosse, con una sinclinale che contiene puddinga Carbonifera ed ardesia, lavorata presso Vernayaz.

(1) Renevier, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xvi.

Fig. 109. Profilo dei Dents de Morcles.

Num, Nummulitico; *N*, Neocomiano; *Ml*, Malm; *Li*, Rogger e Lias; *MT*, Marmo triasico; *Sch. V*, Schisti verdi; *Sch. M*, Micaschisti; *P*, Puddinga antica negli schisti verdi.

A breve distanza sopra San Maurizio, il torrente di St. Barthélemy ha formato il bel cono di Bois Noir (fig. 109), e trascinato il Rodano al piede dei Dents de Morcles. La fig. 108 presenta una sezione trasversale della valle a Martigny, mostrando che gli strati al Pont des Martinets sono rovesciati.

Le rocce cristalline risultano di schisti cloritici alternati parecchie volte con Micaschisti. Il prof. Golliez le riguarda come rocce sedimentarie arcaiche molto alterate, ma la loro età è tuttora incerta. Devono essere molto antiche, perchè sono piegate, e, secondo la sua opinione, il piegamento ebbe luogo prima che si depositassero gli strati Carboniferi, discordanti sopra di esse. Se fosse giusto tal modo di vedere, si avrebbe qui la prova di tre grandi periodi di disturbo; quello, cioè, degli schisti Cloritici, quello degli strati Carboniferi che soprastanno agli schisti, e quello della gran piega del Cretaceo Nummulitico che forma la sommità dei Dents de Morcles.

Ad west, sopra San Maurizio, torreggiano i magnifici Dents du Midi, i quali danno lineamenti tanto speciali al panorama dal lato nord del lago di Ginevra, da Losanna a Montreux. Essi sono certamente fra le montagne più belle della Svizzera.

L'insieme dei monti ha un aspetto logorato e selvaggio, e rappresenta una parte della gran catena Cretaceo-giurese, che dal lago di Walen, per il cantone di Glarona, pel Windgälle, attraverso la valle della Reuss e l'Ob Dem Wald, per il Grindelvald, per Lauterbrunnen ed il Gemmi, si estende all'Haut de Cry ed ai Dents de Morcles che fanno riscontro ai Dents du Midi, a sud-west. Gli strati, come mostra la figura 110, sono invertiti: il Neocomiano più antico riposa sul Nummulitico più recente, che d'altra parte riposa sul Flysch.

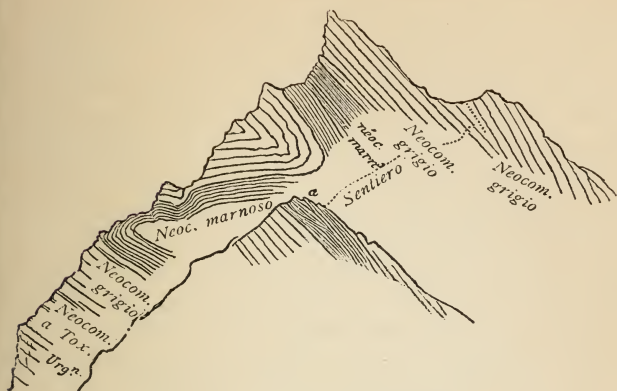



Fig. 110. Sezione dei Dents du Midi.

Per qualche tratto, su ambo i lati di Martigny, da Oltre-Rodano fin presso Saillon, il fondo della valle presenta delle dune sabbiose, descritte la prima volta da Morlot, e che rassomigliano, in miniatura, a quelle del deserto e di alcune coste marine. Le più considerevoli si trovano presso Charat, dove raggiungono sei o nove metri d'altezza, e si formano specialmente in primavera quando il Rodano è basso e lascia scoperti vasti tratti sabbiosi.

Un po' sotto Martigny, e sulla sinistra, entrano nella valle del Rodano due fiumi — il Sallanches ed il Trient — con questa differenza notevole, che mentre il primo dà origine ad una bella cascata, l'altro si è aperta una gola stretta e profonda. Le rocce sulle quali essi scorrono sono simili ed apparentemente di eguale durezza, perciò la differenza sembra con probabilità dovuta al fatto che il Trient, fornito d'un bacino più vasto, ha una forza d'acqua più considerevole, ed anche

perchè trascina una maggiore quantità di ciottoli e di massi rocciosi, mentre il Sallanches è un fiume limpido [1] e libero di ciottoli. In questo distretto, il maggior numero dei tributari entra nel Vallese attraverso gole più o meno simili a questa del Trient; quelle della Lizerne, della Salenze e della Triège sono le più degne di nota.

La stazione di Vernayaz, all'aprirsi della gola che ben merita una visita, è posta realmente sopra l'asse della piega Carbonifera, e ai due lati della valle si trovano cave di ardesia che alternano con letti di puddinga. Gli schisti Cloritici, che essa attraversa, sono bene in evidenza alla gola del Trient.

Da Martigny comincia la grande strada che mena al S. Bernardo. Brockedon che ne conobbe i valichi, ci assicura che oltre la selvatichezza di queste gole alpine e la bellezza della valle d'Aosta (attraverso la quale, dopo aver lasciato le montagne, la strada continua a Torino), non può venire dimenticata la gentile accoglienza che il viaggiatore esperimenta dalla comunità religiosa dell'Ospizio alla sommità del S. Bernardo. E senza dubbio essa rimane come un dolce ricordo nell'animo dei viaggiatori, i quali non possono non sentirsi grati alla devozione di questi uomini eccellenti, pronti ad offrire il benvenuto e l'ospitalità in tanta solitudine.

A Martigny il Rodano piega ad angolo retto, lasciando infatti la gran piega longitudinale per entrare in una valle trasversale che, propriamente, appartiene alla Dransa. Durante l'epoca glaciale, l'antico ghiacciaio

---

[1] Gerlach, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. ix. p. ii. Sembra che Favre, nelle sue *Rech. Géol.* vol. ii, indichi che la roccia attraversata dal Trient cede piuttosto con maggiore facilità all'azione dell'acqua.

nel fare questo brusco giro premè con forza enorme contro la roccia, di fronte a Martigny, tanto che ne rimase estremamente lacera e levigata, fornendo l'esempio più notevole — giusta l'opinione di Ruskin — dell'azione del ghiaccio, che si possa trovare in tutte le Alpi. Sopra Martigny si viene nella vera valle del Rodano — la sola parte del suo corso che realmente gli appartenga, poichè la valle al disotto di Martigny apparteneva in origine alla Dransa, quella sotto Bellegarde, alla Valserina e quella sotto Lione alla Saona.

Da Martigny ad Oberwald la valle è longitudinale e d'origine geotettonica, dovuta ad una piega suscitata durante il sollevamento delle Alpi. Questa gran piega si estende all'west per Chamounix e l'Isère a Chambery, e verso est per la valle di Urseren e del Reno fino a Coira, riapparendo, invero, anche più lontano all'est.

A Martigny stesso gli strati sono press'a poco verticali (fig. 111). L'antica Tour de la Batiaz è posta sopra

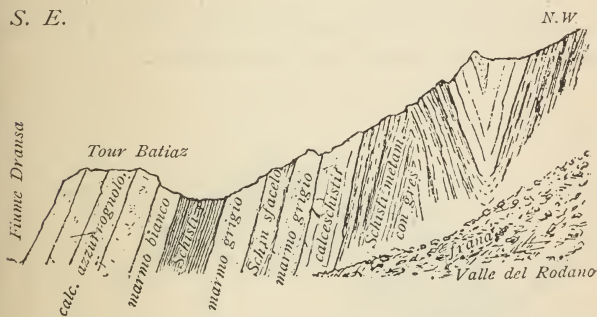



Fig. 111. Aspetto della roccia da S. E. a N. W. a Martigny.

una stretta fascia di roccia giurese che si estende all'west sopra il Col di Balme fino alla valle di Chamounix,

e verso est sopra la valle del Rodano. Essa è una continuazione della grande sinclinale di Chamounix.

Per qualche tratto sopra Martigny, la valle del Rodano fu evidentemente una volta sott'acqua. Renevier pensa che essa fosse un lago distinto da quello di Ginevra, da cui lo separava il rialto a S. Maurizio, ma Forel ha dimostrato chiaramente che ci fu un tempo in cui le acque del lago di Ginevra stettero ad un livello molto più alto dell'attuale, e devono allora essersi estese lontano sopra la valle del Rodano. Presentemente il livello del lago è a 375 metri; la valle del Rodano fra Monthey e Bex si trova a 400 metri; a Martigny a 460 metri e a Briga a 670 metri. Il fondo, però, ne è inalzato da depositi alluvionali, di spessore ignoto. Per conseguenza, quando il lago fu alla sua altezza massima, si estendeva possibilmente fino a Briga. Ad est di Martigny si ha un'altra cintura di rocce cristalline, mentre ad una piccola distanza sopra la Dransa, a Sembrancher, si torna di nuovo sopra il giurese — il prolungamento orientale della sinclinale giurese di Val Ferret. Le valli di Liddes e di Chable devono la loro origine agli strati (antracitici) più morbidi del Carbonifero.

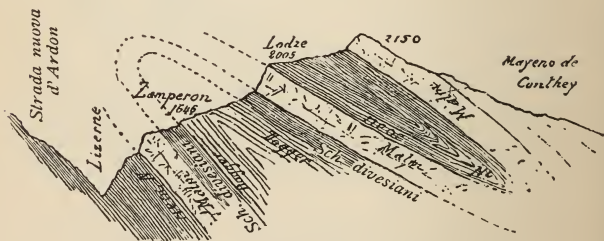



Fig. 112. Profilo trasversale della gola della Lizerne.

La fig. 112 rappresenta una sezione della valle della Lizerne che sbocca nel Rodano ad Ardon, sotto Sion.

La figura 113, che rappresenta una sezione dei Diablerets, mostra le contorsioni notevoli che gli strati pre-

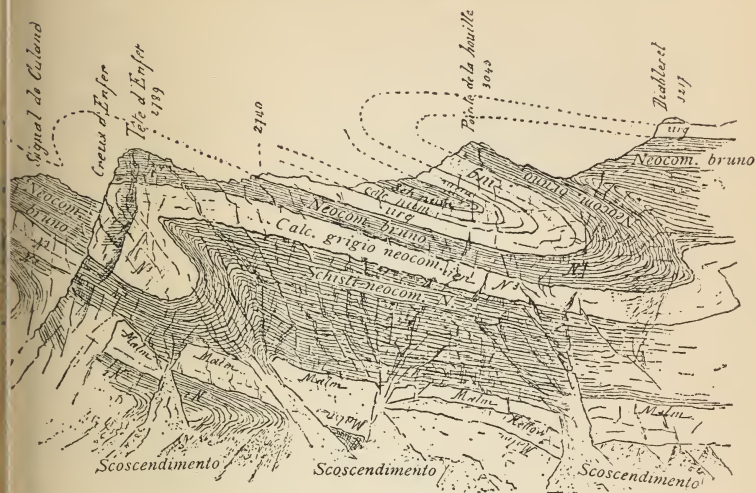



Fig. 113. Porzione della muraglia meridionale dei Diablerets.

sentano sul fianco meridionale, visti dalla Tour d'Anzeindaz. La sommità segnata col nome di Pointe de la Houille è forse più generalmente conosciuta col nome di Tête Ronde.

La fig. 114 ne rappresenta una sezione dal N. N. E. al S. S. W.

Questa « piega coricata » è un notevole caso d'inversione completa.

La catena di Argentière, fra i Diablerets e l'Haut de Cry, ma alquanto ad west, è formata da strati verticali di Urgoniano, e vista di profilo sembra affilata come l'orlo d'un coltello. Al Lion d'Argentière, così chiamato per una fantastica somiglianza con un leone

accovacciato, gli strati sono pure invertiti, di modo che la sommità è costituita da Urgoniano rovesciato, che riposa sopra Neocomiano, Nummulitico e Flysch. Più

Fig. 114. Sezione della Muraglia dei Diablerets.

vicino, e più in evidenza dal Vallese, evvi un'altra grande muraglia rocciosa: quella dell'Haut de Cry.

La fig. 115 mostra le pieghe degli strati, che possono essere chiaramente comprese dalla valle, quando la luce sia favorevole.

Fig. 115. Sezione dell'Haut de Cry.

Sopra Martigny si scorge evidente da ognuno il contatto fra le rocce calcaree e cristalline, a nord della valle, che cessa a poco a poco verso Saillon. Sion deve il suo aspetto pittoresco e feudale, ed invero la sua im-

portanza nei tempi del medio evo, al fatto che il fiume ha lasciato parecchie masse di roccia primitiva, sulla quale furono costruiti tre castelli. Il più alto, fabbricato nel 1492, era anticamente il Palazzo del Vescovo, ma ora è una rovina. Sopra Sion, la Borgna ha formato un bel cono e respinto il Rodano al piede della montagna opposta.

A Sierre ed intorno ci sono grandi cumuli naturali che rassomigliano moltissimo ad avanzi di una morena, ma sono riguardati generalmente come una frana, che in tal caso sarebbe stata la più gigantesca in tutta la Svizzera, fatta eccezione per quella di Flims nella valle del Reno. Da Pfyn essa giunge quasi all'imboccatura

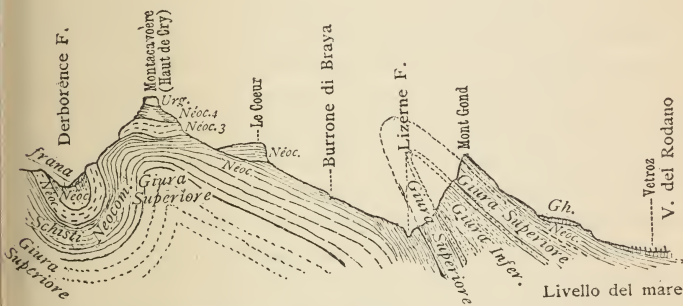



Fig. 116. Sezione attraverso l'Haut de Cry e la valle della Lizerne fino alla valle del Rodano.

della Liena, ed è larga circa un miglio. Per lungo tempo deve avere sbarrata la valle, ma ora è attraversata completamente dal Rodano e da altre correnti tributarie. La superficie ne è molto irregolare, raggiungendo in molti luoghi un'altezza di 70 od 80 metri, ed a Geronda anche di 100 metri sul livello del fiume; più lontano, verso west, diminuisce a poco a poco.

Queste irregolarità hanno dato origine a parecchi laghetti, il più grande dei quali, un po' a nord di Geronda, ha una lunghezza di 450 metri, una larghezza da 100 a 150 metri, una profondità da 8 a 10 metri, e giace a 3 metri sotto il livello del Rodano. Le sponde ne sono molto ripide. La frana ebbe luogo sopra Cordon, sotto l'Alpe di Varen e, sebbene preistorica, dovette avvenire dopo il ritiro del gran ghiacciaio. Sotto Sierre, in un sepolcro sulla collina di Trevent, si rinvenne una bella spada di bronzo, indicando che la caduta successe prima dell'età del Bronzo.

Di fronte a Leuk si trova il gran cono dell'Ill, che ha pure cacciato il Rodano sul fianco nord della sua valle ed in qualche modo lo ha sbarrato. La valle dell'Ill — l'Illgraben [1] — fornisce uno degli esempi più notevoli di rapida denudazione recente nei quali io mi sia incontrato, ed è ben degna di una visita.

Fra Turtmann e Raron, sul fianco nord della valle, si osservano delle linee ben distinte che rappresentano corsi d'acqua artificiali o « Bisses », costeggiati da file di alberi. Il fianco nord, essendo più esposto al sole, è relativamente più arido e più nudo di quello che guarda a sud, il quale è più verde e ben piantato. Sopra Gampel il fianco della valle è molto lisciato ed arrotondato.

Molte delle valli laterali, ad esempio, dalla parte di sud, quelle di Iserable, di Nendaz, d'Hérens, di Reschy, d'Anniviers, di Turtmann e di Ginanz, sebbene ampie nelle loro porzioni superiori, si aprono nella valle principale con gole strette e spesso inaccessibili. Anche dalla parte di nord si presentano casi identici. La gola

---

[1] Il manuale del Murray sebbene meravigliosamente accurato, cita l'Illgraben come un caso di frana.

del Jollibach a Nieder Gestelen (Jolebach, su alcune carte), profonda da 60 a 90 metri, ed in alcuni luoghi larga soltanto pochi metri, è tagliata attraverso rocce calcaree, ed è affatto inaccessibile, eguagliando nella sua grande altezza e nell'estrema strettezza la celebre gola del Trient.

Il prof. Désor propose per tali gole il nome speciale di « Roflas ».

Fra Gampel e Raron la piega sinclinale, che ha dato origine alla valle del Rodano, si divide: un ramo diverge verso nord attraverso il massiccio dell'Aar nella direzione del ghiacciaio dell'Aletsch, e l'altro ha determinato la via del fiume.

Sfortunatamente le carte geologiche svizzere non mostrano ciò chiaramente, poichè la regione a nord e a sud della valle fu delineata da osservatori diversi, e gli strati vennero differentemente colorati. Inoltre, quantunque non come prima, esiste tuttora qualche differenza d'opinioni circa l'età degli schisti sul lato meridionale del Rodano da Turtmann a Grengiols, i quali sono colorati in bruno-chiaro sulla carta di Studer e di Escher, in violetto su quella di Heim e di Schmidt, ed in bruno-scuro sul foglio 18.° della gran carta di Dufour. Questi schisti sono ora dati generalmente come giurassici e della medesima età degli strati giuresi al nord, che sono colorati in bleu ed in violetto. Infatti la valle è un solco negli strati giuresi giacenti fra le rocce cristalline più antiche del Massiccio dell'Aar a nord, e di Monte Leone a sud. Però il Massiccio dell'Aar non è un arco semplice, ma è composto di parecchie pieghe. Il lato nord del Rodano, da Gampel a Nieder Gestelen, è tagliato nello gneiss; da Nieder Gestelen a Baltschieder evvi un lembo di roccia giurese, ed a Baltschieder appare di nuovo lo gneiss. Bisogna sempre ricordare che

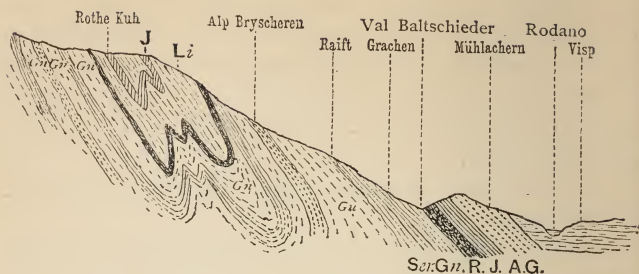



Fig. 117. Sezione della valle del Rodano a Visp. *J*, Giurese; *Li*, Lias; *Ser. Gn*, Gneiss Sericitico; *A. G*, Gneiss occhiatino; *Gn*, Gneiss; *Gr*, Granito.

l'erosione è stata enorme — probabilmente 2000 metri almeno ([1]) — e che ciò che attualmente è superficiale, fu, una volta, profondo nel cuore della montagna.

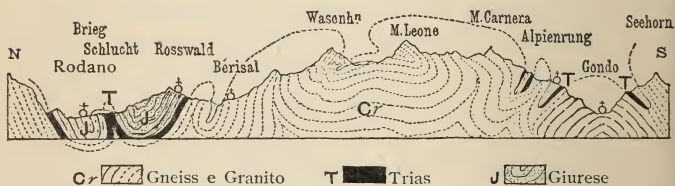



Fig. 118. Sezione della valle del Rodano presso Briga.

A Mund il lembo mesozoico che è alquanto a sud del fiume ed inclina a sud, si divide nuovamente e diverge in due rami: quello meridionale prende la direzione di Val di Binnen, del ghiacciaio di Gries e di Val Bedretto, suddividendosi esso stesso durante la sua via. La figura 118 dà una sezione attraverso la valle a

([1]) Heim, *Erosion im Geb. der Reuss.*

Briga. La sinclinale settentrionale ha dato origine alla valle del Rodano, che ne segue il corso.

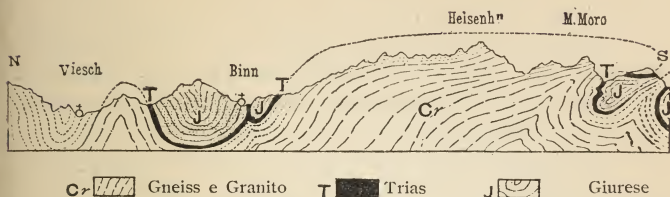



Fig. 119. Sezione della valle del Rodano a Viesch.

La fig. 119 rappresenta una sezione a Viesch. Qui la denudazione ha rimosso interamente gli strati secondari, quantunque si possa esser sicuri che una volta vi esisterono, giacchè li troviamo lungo la valle sopra e sotto.

A Nieder Gestelen vi è pure un'antica morena frontale del ghiacciaio del Rodano, depositata evidentemente durante il suo ultimo ritiro.

La valle di Zermatt che si apre a Visp, giace principalmente negli schisti, l'esatta età dei quali è ancora indeterminata, ma vi si trova pure molto serpentino. A Zermatt stesso, gli strati, da alcuni geologi svizzeri, sono considerati come Triassici, ma la prova non è decisiva. Le gole del Görner rassomigliano a quelle di Ragatz o a quella del Trient.

La roccia che forma la porzione superiore del Matterhorn è quasi orizzontale, lievemente inclinata in basso verso il Monte Rosa. Heim la riguarda come una piega soprastante di gneiss. Essa costituisce un rialzo come quelli del Görner Grat e del Rumpfischhorn, conservatosi probabilmente per la sua posizione, e forse per la sua speciale durezza. La base ne è di schisti cristal-

lini giacenti sul Trias, e ad west havvi un cuneo di eufotide granitica.

Il villaggio di Randa è stato oppresso parecchie volte dalle valanghe.

La valle di Saas, che raggiunge a Stalden quella di Zermatt, è pure maravigliosamente bella, ma Saas e Zermatt sono tanto differenti che difficilmente possono mettersi a paragone.

Gli abitanti delle alte valli italiane a sud del Monte Rosa hanno una tradizione, largamente diffusa, di una valle incantevole, bella e ricca, che una volta esisteva nel cuore del monte, ed ora è sparita. È probabile che la vista della valle di Zermatt dalle altezze del Monte Rosa abbia dato origine all'idea della valle perduta; e certamente quanto più la si osserva più essa è incantevole.

Ascendendo da Briga la strada del Sempione e, attraverso la valle di Baltschieder, guardando sull'opposto fianco della valle del Rodano, il contrasto fra i contorni delle rocce che risentirono l'azione glaciale e le creste acutamente dentellate del Genthorn, del Gredetschhorn e dell'Hohen Egg, è molto spiccato. La struttura del Sempione è molto complessa, e Schmidt suggerisce che

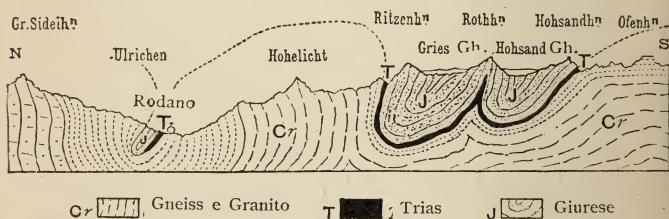



Fig. 120. Sezione della valle del Rodano ad Ulrichen.

le numerose pieghe tengono il posto della struttura a ventaglio del massiccio del Gottardo.

Da Baltschieder a Mörel, con una piccola eccezione all'imboccatura della Massa, si trova gneiss sulla sponda settentrionale del Rodano e micaschisto sulla meridionale. Però all'ingresso della Massa, e forse in causa della sua influenza nei tempi passati, pare che il Rodano sia stato spinto alquanto verso sud. Tuttavia può darsi che esso abbia inciso il micaschisto, lasciandone un lembo sul lato nord, che la Massa ha diviso in due parti uguali.

Per qualche tratto, sopra l'imboccatura della Massa, la valle è occupata da detriti di frane. I massi sono sparsi in gran confusione, ed alcuni son grandi come capanne.

Il Vallese contiene pure parecchie antiche morene: una all'est di Filet, di fronte a Zenhäusrnn, e un'altra più grande fra Lax e Wyler; ma la più imponente è quella ad est di Viesch, che in parte forma il Gibelegg. Per essa la strada è obbligata a fare parecchi zig-zag; essa sostiene il villaggio di Furgangen e si estende verso Bodmen nella valle di Viesch, e verso Belwald nel Vallese. Un'altra grande morena si trova ad Ulrichen.

Nel centro del villaggio di Biel vi è un grande masso erratico.

Sopra Biel, la strada attraversa un gran terrapieno da lungo tempo coltivato e ricoperto di bei campi e praterie, ma evidentemente prodotto da una frana preistorica. Sopra Ritzingen si vede tuttora nettamente la profonda cicatrice prodotta dalla massa staccata.

Avanzi di parecchie morene antiche sono pure presso Reckingen, ed a Münster si ha un'altra gran frana con la sua relativa cicatrice profonda, simile a quella di Ritzingen.

Da Biel ad Oberwald le correnti laterali formano una serie di coni che spingono il Rodano da un lato all'altro e che danno luogo a siti paludosi, sbarrando la

valle. Münster è fabbricata sopra un cono grande in modo speciale.

Ad Ulrichen riappariscono rocce calcaree e dolomitiche, che sono la continuazione della piega nella parte più bassa della valle. Però, da Baltschieder ad Ulrichen esse sono state rimosse dalla denudazione, che ha messo allo scoperto le rocce cristalline.

Sopra Oberwald la vera continuazione della valle è in quella del piccolo fiume di Längis. Il più grande che viene giù dal ghiacciaio, è in realtà un affluente trasversale, ma per la sua maggior grandezza è riguardato come la sorgente del fiume.

Nel bosco, attraverso il quale comincia la strada da Oberwald per il ghiacciaio, le rocce furono molto consumate ed arrotondate dall'azione glaciale.

Proprio prima di arrivare all'Albergo la strada entra in un'altra valle longitudinale, in cui giace il bel ghiacciaio del Rodano (v. Frontispizio). Presentemente la fronte del ghiacciaio è a circa venti minuti di cammino dall'albergo, ed il piano interposto è un esempio interessante dei depositi fluvio-glaciali.

Come la maggior parte dei ghiacciai svizzeri, quello del Rodano si ritirò durante i primi dieci anni del secolo, dopo i quali avanzò e nel 1820 era alla portata di 150 metri dalle case di Gletsch, dove formò una piccola morena terminale. Dal 1822 al 1844 si ritirò di nuovo; quindi cominciò un altro periodo di avanzamento, e nel 1855-60 la fronte distava 100 metri dalla morena del 1820. Da quel tempo si è di nuovo ritirato.

A breve distanza sopra l'albergo si trova la morena del 1820, che forma un rialto curvo ben distinto, e si stende attraverso la valle, eccetto dove è stata aperta dal fiume. Circa 100 metri più lontano è la morena del 1855-60, che era la morena terminale del ghiacciaio,

quando io lo vidi la prima volta. Poscia segue una distesa irregolare di materiali morenici, che mostrano, in miniatura, gli stessi cumuli irregolari che, su vasta scala, si osservano presso le morene dei ghiacciai antichi. È interessante avvertire la differenza fra le rocce angolose cadute con le valanghe dai fianchi della valle, ed i massi arrotondati portati giù dal ghiacciaio. I più grandi fra questi sono spesso distintamente diversi sui due lati, essendo (fig. 36) arrotondato quello volto verso il ghiacciaio, e scabro l'altro. Alcuni massi furono evidentemente spinti innanzi dal ghiaccio, lasciando un solco indietro e formando un piccolo rilievo in avanti.

Parecchi ruscelletti escono dal ghiacciaio a formare il fiume, ma esso ha origine principalmente da un bell'arco turchino, che ora (1895) è quasi nel mezzo della fronte del ghiacciaio, ed è alto circa 25 metri. Il ghiacciaio inferiore ha un po' la forma di cucchiaio con crepacci irradianti. Sopra di esso vi è una bella cascata di ghiaccio, della quale si gode una splendida veduta dalla strada sopra la Furka; sopra la cascata vi è una distesa uniforme di ghiaccio, che termina in un gran campo di neve.

La Furka è un profondo solco con gneiss su ciascuna parte e strati giuresi nel centro, resi saccaroidi dalla pressione, e contenenti Belemniti e Pentacriniti.

La sinclinale si continua lungo la valle di Urseren e discende profonda, poichè fu rinvenuta, con lieve cangiamento, nella galleria della strada ferrata del San Gottardo.

CAPITOLO XVIII

L' OBERLAND BERNESE.

A prima vista l'Oberland Bernese sembra una confusione caotica di valli e di montagne, di campi di neve e di ghiacciai, senza un piano o una disposizione regolare.

Nondimeno, quanto più il distretto è studiato, tanto più se ne precisano le particolarità, tanto più scompariscono le difficoltà e le anomalie, mentre i punti che tuttora rimangono un mistero, saranno, senza dubbio, spiegati da osservazioni future.

Il massiccio dell'Aar può descriversi come una massa montuosa ellissoidale in direzione da S. W. a N. E.; limitata al N. E. dalla Reuss Superiore; al S. E. dalla valle di Urseren e da quella del Rodano, dalla sorgente fino a Leuk; al N. W. dal gran muro dell'Oberland Bernese, e al S. W. dalla valle di Leuk.

Però queste linee di demarcazione, sebbene pratiche e comode, sono — bisogna ricordarlo — alquanto arbitrarie. La valle della Reuss è una valle trasversale di erosione, tagliata dal fiume, e le rocce sui due lati sono identiche; essa non si riferisce a differenza di struttura geologica. Invece la valle del Rodano è « geotettonica », dovuta ad una gran piega negli strati, ma

pure, geologicamente parlando, di origine recente. La muraglia dell'Oberland Bernese (fig. 121) è un grande dirupo dovuto alla degradazione meteorica degli strati giuresi; e la valle di Leuk, come quella della Reuss, è una valle trasversale di erosione.

Quantunque il Massiccio dell'Aar sia distaccato, esso non è un fenomeno a sè. Il Protogino, che ne forma il nucleo, mineralogicamente e chimicamente è molto simile a quello del Monte Bianco, ed è manifesto che queste due masse montuose, e con probabilità le altre della Svizzera centrale, sono puramente due labbra della stessa roccia fondamentale dislocate da un salto.

Le influenze atmosferiche e l'azione dell'acqua hanno inciso i declivi delle catene longitudinali con valli profonde, formando in tal guisa rilievi trasversali, che per opera della denudazione sono di nuovo smembrati in vette distaccate. Perciò, questi rilievi formano catene a N. W. e a S. E.; come, ad esempio, ad ovest del Massiccio, quella che corre dal Bietschhorn al Dubihorn o dal Nesthorn al Fäschhorn e al Gredetschhorn; e all'est quella che si stacca dallo Schreckhorn e dal Lauteraarhorn.

Tutto il massiccio può essere considerato come la vôlta di un arco gigantesco, corrugato esso stesso da numerose pieghe. Il centro di tutto il distretto è il maestoso Finsteraarhorn, il monarca dell'Oberland Bernese. Al N. E. si hanno tre principali valli longitudinali, indicate dal ghiacciaio di Gauli, e da quelli dell'Unteraar e dell'Oberaar; e a S. W. si trovano il gran ghiacciaio dell'Aletsch, l'Aletsch Firn, l'alta valle di Lötschen [1] e il Kander Firn.

---

[1] La porzione inferiore della valle di Lötschen è una valle trasversale.

Il granito e lo gneiss, come sopra menzionammo (*ante*, pag. 258), mostrano una struttura molto complessa, e lo gneiss centrale presenta una disposizione a ventaglio molto distinta.

La fig. 121 offre una sezione dal Kleine Doldenhorn, attraverso la valle di Gasteren e la valle di Lötschen, ed indica che la prima è una anticlinale, e la seconda una sinclinale.

Il Kander Firn e lo Tschingel Firn giacciono in una valle anticlinale. La valle della Dala, all'est dei Bagni di Leuk è pure incisa fra il Lias ed il Giura Superiore, formando quest'ultimo un dirupo.

Però, le valli longitudinali sono per la massima parte sinclinali.

L'Aletsch è il più grande fra tutti i ghiacciai svizzeri. È lungo 15 miglia e copre 50 miglia quadrate. Comincia con un gran campo di neve, il Grosse Aletsch Firn, il cui estremo inferiore o di N. W. è conosciuto col nome di Concordia Platz. Da questo immenso campo di neve centrale irraggiano il Jungfrau Firn al N. W., l'Ewigschnee Feld a nord, ed il ghiacciaio dell'Aletsch a S. E. La veduta che si gode dal Grosse Grünhorn è particolarmente artica, poichè, quantunque molto estesa, difficilmente si scorge alcuna traccia di verde.

La valle di Merjelen sbocca quasi nel centro del ghiacciaio dell'Aletsch, sul fianco meridionale. Se non ci fosse il ghiacciaio, il fiume da questa valle raggiungerebbe quello della valle dell'Aletsch. Pertanto, il ghiacciaio dell'Aletsch occupa la gran valle e respinge l'acqua del fiume laterale. Il fianco del ghiacciaio forma una rupe alta 45 metri, e che si eleva di 15 metri circa sopra il livello del lago di Merjelen. Di quando in quando da questa rupe si distaccano grandi masse, che, a guisa di «icebergs» in miniatura, fluttuano sulle acque del lago.

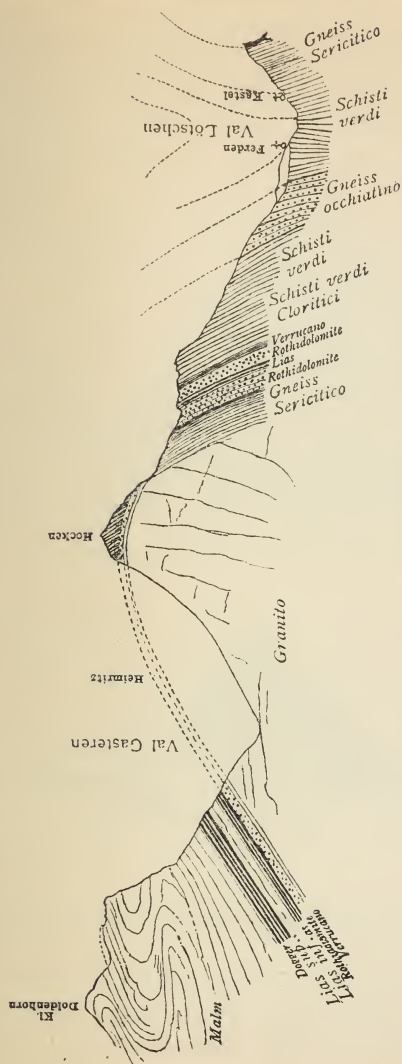



Fig. 121. Sezione attraverso il massiccio dell'Aar, dal Doldenhorn per la valle di Gasteren alla valle di Leuk.

A prevenire che l'acqua si elevi di troppo, è stato scavato un canale che ne porta il soprappiù nella Viesch, ma ad intervalli di pochi anni qualche cangiamento nel ghiacciaio fa traboccare il lago, che si precipita, sotto il ghiaccio, giù per la valle della Massa. Il lago di Merjelen è d'una bellezza particolare. Il bianco puro degli icebergs, l'azzurro profondo del lago, il precipizio di ghiaccio, il ghiacciaio, le verdi praterie e le circostanti montagne ne fanno una delle scene più belle e straordinarie che siano in tutte le Alpi.

La vista che si gode dalla sommità dell'Eggischhorn è stata lungamente decantata per la sua infinita bellezza.

Il distretto del Lötschenthal (v. d. Lonza, affl. d. Rodano, *Tr.*), dove le contorsioni raggiungono la loro maggiore complessità, è una delle regioni più interessanti e più istruttive di tutte le Alpi. La catena della quale il Ferden Rothhorn, il Resti Rothhorn, ed il Faldum Rothhorn formano tre vette, è specialmente degna

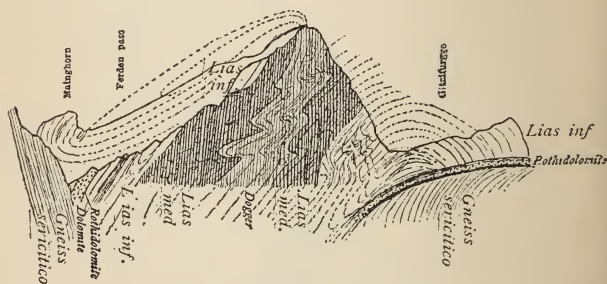



Fig. 122. Sezione teorica attraverso il Ferden Rothhorn da nord a sud.

di nota. Nella fig. 122 si osserva che gli strati sono inclinati molto ripidamente e danno luogo ad una piega sinclinale compressa, anch'essa piegata per parecchie

volte. Presentemente la cerniera di questa sinclinale forma la sommità del Ferden Rothhorn. Perciò, quantunque ora si elevino in montagne, essi rappresentano in realtà una curva convessa strettamente schiacciata e pieghettata [1].

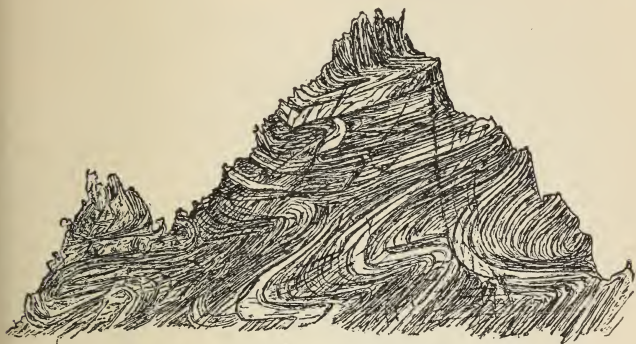



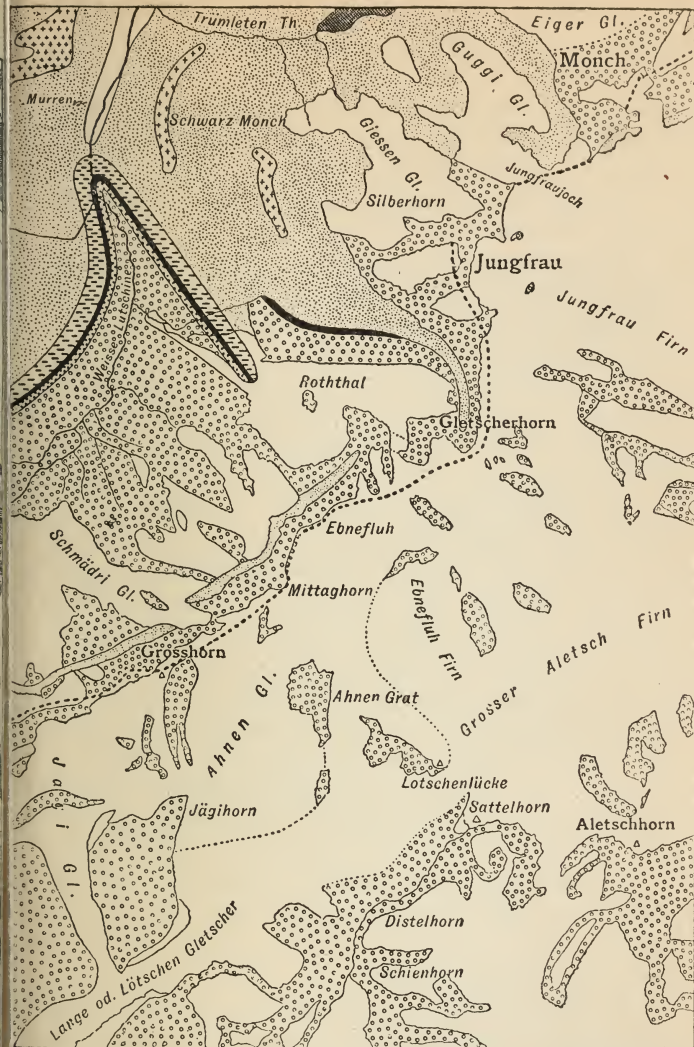
Fig. 123. Sezione del Faldum Rothhorn.

La fig. 123, che rappresenta la porzione superiore del Faldum Rothhorn, dà una viva idea della compressione, della contorsione e dello schiacciamento, che la montagna ha subìto.

Il fatto notevole, e per lungo tempo inesplicabile, che sulla Jungfrau e sul Mönch lo gneiss molto più antico giace sopra le rocce calcaree secondarie, è dovuto all'esistenza di queste grandi pieghe negli strati.

Il fianco occidentale della Jungfrau, osservando dal l'Ebnefluh, mostra una gran fascia di roccia calcarea che giace su gneiss ed è coperta pure da gneiss.

La tavola che rappresenta la Jungfrau, vista dal-

(1) Fellenberg, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxi.

Carta del Distretto della Jungfrau.

Carta del Distretto della Jungfrau.

l'Isenfluh attraverso la valle di Lauterbrunnen, mostra lo gneiss (roseo) che giace sopra il Giurese (bleu), nel quale si trovano due cunei piegati di Eocene (giallo).

Io pure do una carta geologica del distretto che, spero, renderà chiara la disposizione generale.

L'avanzo di roccia giurese, in origine soprastante, ma ora piegata nello gneiss, può essere seguito dalla Jungfrau al Petersgrat, sui fianchi settentrionali dell'Ebnefluh, del Mittaghorn, del Grosshorn, del Breithorn e del Tellispitzen, Però essa non si estende attraverso la montagna, ma è, per così dire, un cuneo piegato in essa. Inoltre il cuneo è esso stesso piegato, e ne contiene due interni di roccia eocenica, i quali ricompariscono a Mürren presso gli Alberghi, sull'altro fianco della valle di Lauterbrunnen.

Veduta dal nord, la montagna appare come un muro di roccia calcarea, con una vetta di gneiss. L'altezza totale ne è di 4167 metri, di cui circa 800 sono di gneiss, mentre la base è di Giurese Superiore.

La struttura del Mönch [1] è molto più semplice, ma anch'esso appartiene alla regione dello gneiss « repli », che ha uno spessore di 900 metri, e riposa pure sul Giurese. La superficie superiore della roccia calcarea non è orizzontale, ma inclinata secondo un angolo di circa 20°.

In ambo i casi il « cappello » di gneiss è una parte della gran piega, che in origine si continuava con lo gneiss a sud e a sud-est. L'Eiger, d'altra parte, è una montagna calcarea tipica.

Nel caso della Jungfrau la piega ha una profondità di 3 chilometri, al Mönch di 1 $^1/_8$, ed a questa distanza

---

[1] Baltzer, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xx.

lo gneiss più antico e sottostante fu regolarmente ripiegato, di modo che esso giace ora sopra gli strati più recenti, che in origine erano superiori. Il cuneo della Jungfrau è riguardato da Heim come la continua-

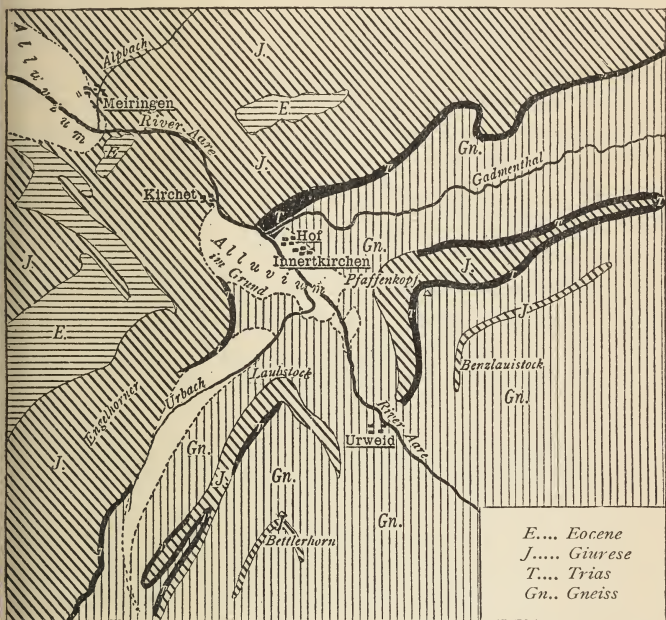



Fig. 125. Schizzo del distretto di Meiringen.

zione occidentale della piega del Windgälle. È stato supposto da autorevoli scienziati che lo gneiss sia stato spinto sopra il Giurese, ma, secondo Baltzer, è chiaro che la inversione è dovuta a piegamento e non ad accavallamento.

In alcuni casi sembra che la roccia calcarea sia stata conficcata nello gneiss; questo fatto, però, non è avve-

nuto in seguito ad una eruzione di gneiss, ma è dovuto ad un rimpasto delle due rocce prodotto dalla pressione.

Più lontano, verso est, queste grandi pieghe sono bene in evidenza nella valle dell'Aar. A Meiringen e sopra, (Vedi lo schizzo fig. 125), la valle è scavata negli strati giuresi, nei quali l'Aar ha aperta la celebre gola, in una fascia di roccia conosciuta col nome di Kirchet. Immediatamente sopra il Kirchet, si ha una stretta zona di roccia sedimentaria (Triasica) più antica, quindi si viene allo gneiss, e la linea di giunzione è diretta ancora da S. E. a N. W. Tuttavia, più lontano, sopra la valle, si trova una seconda cintura di epoca giurese, che ricopre il Laubstock ad west ed il Pfaffenkopf ad est, ma è attraversata dalla valle; ancora più lungi, ma ad un'altezza maggiore e per conseguenza più lontano dalla valle, un'altra stretta fascia affiora al Bettlerhorn ad west ed allo Stiergrund ad est, mentre lo Schönalphorn, il Benzlauistock e tutto il distretto al di là risultano di gneiss.

Gli strati giuresi coprivano in origine lo gneiss e, secondo Baltzer, essi furono piegati, e queste due fasce di giurese sono due dei cunei formati dalle pieghe. Pieghe simili sono mostrate dalla figura 123, ma in quel caso esse non sono state erose. La valle stessa, tranne presso Urweid, è su gneiss; sopra lo gneiss si trova Giurese e sopra questo ancora gneiss. Nella valle di Urbach, che raggiunge la valle principale ad Hof, si osserva bene la stessa disposizione. Essa è una delle più belle ed una delle più interessanti di tutto il distretto. Il fondo ne è di gneiss; il fianco occidentale (l'Engelhörner) è rappresentato da roccia giurese che si eleva ad un'altezza di 1900 metri; sul fianco destro si ha gneiss, però con tre fasce di Giurese (Malm) (fig. 125-126), che sono in realtà i residui delle pieghe, come si rileva dalle figure.

Cinque di tali cunei o pieghe si osservano sullo Gstellihorn, che, sotto questo riguardo, è il caso più notevole dell'intero distretto.

Perfettamente chiara ed affilata è la linea di giunzione dello gneiss e della roccia calcarea, di guisa che la mano può coprire le due specie di roccia nel mede-

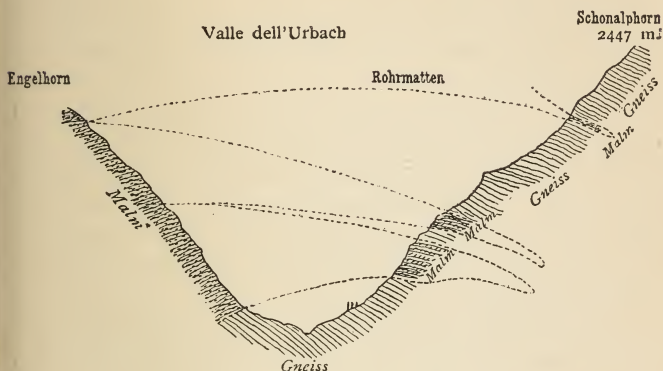



Fig. 126. Sezione che mostra i cunei calcarei dello Schönalphorn nella valle di Urbach.

simo tempo. Non vi è assolutamente traccia alcuna di strato intermedio, come marmo, nè alcun cangiamento nel carattere della roccia calcarea [1].

È evidente perciò che gli schisti e le roccie sedimentarie non sono state attivamente attraversate dal granito e dallo gneiss, ma che quelle furono depositate sopra questi, poichè tutte e tre le formazioni furono piegate passivamente e simultaneamente.

Il gran muro dell'Oberland Bernese (fig. 121) che

---

[1] Fellenberg, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxi.

si estende verso est dal Gemmi per il Balmhorn, il Doldenhorn, il Blümlisalp, l'Eiger, il Mittellegi, lo Scheideck, il Gadmer Fluh e lo Schlossberg fino ad Erstfeld sulla Reuss, con un'altezza quasi perpendicolare di 1000 metri, è infatti il dirupo formato dall'erosione delle rocce secondarie, che una volta coprivano tutto il Massiccio.

Dall'inclinazione degli strati riesce evidente che un tempo queste rocce secondarie s'estendevano più lontano verso sud (fig. 121).

Inoltre, alcuni frammenti degli strati secondari rimangono tuttora conservati nelle pieghe più profonde. Ai due estremi dell'ellissi, gli strati giuresi continuano per qualche tratto, come, ad esempio, all'west, sulla cintura giurese che lascia il Vallese a Raron e in direzione verso est tende all'Hohe Egg per St. German, Leiggern ed il Krüliggrat.

Però all'est e all'west questi sono asportati dalla denudazione. Lungo il margine settentrionale dello gneiss, una serie di rocce giuresi si estende ad intervalli dal Ferden Rothhorn, per il Tellispitzen, sui fianchi del Breithorn, per l'Ebnefluh, la Jungfrau ed il Mönch.

Più nel centro della regione ne comincia un altro tratto con il Blauberg [1] (così chiamato dal colore turchino della roccia giurese che fa uno stridente contrasto con la circostante regione cristallina), ed è pure scoperto a Farningen nella valle di Meien, a Rothbergli e a Staldi nella valle di Intschi [2]. Infine, a sud, viene la piega giurese del Vallese superiore.

Un'altra prova è fornita dalle valli trasversali di settentrione che, invece di rimpiccolirsi a poco a poco verso

---

[1] In alcune carte è segnato come « Greissenhorn ».

[2] Baltzer, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXI.

la catena montuosa, continuano sopra di essa, come, ad esempio, il ghiacciaio Gamchi al principio della valle di Kien.

Inoltre, quantunque il gran muro non sia interrotto, a nord di esso si sono trovati dei massi di granito e di gneiss, che devono esser venuti giù dal Massiccio centrale.

Perciò il valore della denudazione è stato enorme. I picchi centrali di gneiss e di granito-gneiss, il Bietschhorn, il Gr. Nesthorn, ecc., torreggiano ad una grande áltezza; ma con la nostra immaginazione bisogna riporre sulle loro sommità non solo letti di schisti cristallini, come quelli che formano lo Tschingelhorn, il Breithorn e lo stesso Finsteraarhorn, ma sopra di essi bisogna ancora ammucchiare l'intera serie degli strati secondari, che il gran muro dell'Oberland Bernese ci rende in parte capaci di ricostrurre nel loro enorme spessore. Come gli antichi Titani dobbiamo ammucchiare Ossa e Pelion nella nostra immaginazione e ammettere che, come nel mito greco, anche qui quella massa è stata asportata dalle potenze dell'aria.

Perciò la configurazione attuale della superficie è principalmente opera della denudazione, e mentre le valli longitudinali, dopo tutto, sono tettoniche, quelle trasversali che intaccano o in alcuni casi attraversano quasi il Massiccio, il ghiacciaio di Trift, i due ghiacciai di Grindelwald, l'Aar, la Reuss, ecc. sono valli di erosione. I picchi più alti sono in gran parte dovuti alla maggiore durezza della roccia; talvolta, e forse anche più, al caso della loro posizione che li ha meno esposti all'azione erosiva.

Il massiccio dell'Aar, come dice Baltzer [1], è infatti

---

[1] *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xx.

un torso gigantesco. Ed invero, ognuno che consideri attentamente il gran muro del Gemmi, o del Blümlisalp, torreggiante sopra la valle di Leuk ed il Kander Firn, si convincerà che gli strati giuresi formano il fianco normale superiore di un grande arco stendentesi verso sud.

Queste pieghe notevoli gettano qualche luce sul magnifico paesaggio e sulle grandi proporzioni dell'Oberland Bernese. La Jungfrau ed il Mönch devono molto della loro bellezza alla combinazione dello gneiss con le rocce calcaree. Veramente, questi sono esempi eccezionali, ma l'altezza è, probabilmente, in gran parte dovuta all'estremo valore della compressione e del piegamento che si succedettero. Anche la profondità enorme delle valli relativamente strette dona singolari lineamenti al distretto. I precipizi ripidi del Wetterhorn hanno un'altezza di 2000 metri, ed anche ciò è grandemente dovuto alla stessa causa. La roccia calcarea (Hochgebirgskalk) che forma la porzione più bassa della montagna è poco flessibile. Invero, il piegamento potè aver luogo a grandi profondità, ma presso la superficie sarebbero avvenute innumerevoli fessure e fratture da ridurre le formazioni quasi nelle condizioni di una breccia, rendendole così preda relativamente facile per le influenze atmosferiche.

CAPITOLO XIX

L'AAR SUPERIORE.

L'Aar Superiore, dalla sua sorgente all'Ospizio, occupa una valle longitudinale ed è alimentato dai due ghiacciai dell'Oberaar e dell'Unteraar. Il ghiacciaio dell'Unteraar, lungo circa 9 miglia, largo 2, e per la sua grandezza considerevole, e per la sua superficie orizzontale fu scelto favorevolmente per molte osservazioni scientifiche. Hugi, fin dal 1827, vi costruì una capanna, gli avanzi della quale, nel 1840, furono ritrovati da Agassiz, a circa 1400 metri più innanzi. Nel 1841, lo stesso Agassiz ve ne fabbricò un'altra che, per molto tempo, fu conosciuta sotto il nome di Hôtel des Neufchâtelais. Un picco, che si vede dall'Ospizio ebbe il nome di « Agassizhorn », in riconoscimento delle preziose ricerche di lui. All'Ospizio, l'Aar piega verso nord, e ad angolo retto, in una valle trasversale, dal qual punto fin giù ad Handeck, le rocce portano notevoli tracce dell'azione glaciale. È molto spiccato il contrasto fra la porzione inferiore, levigata dal ghiacciaio, e le superiori rocce, scabre e dentellate.

La magnifica caduta dell'Aar ad Handeck è certa-

mente una delle più belle cascate d'Europa, tanto per la sua altezza e pel volume d'acqua, quanto per la tetra gola in cui precipita e per l'aspro carattere di tutto il paesaggio. Inoltre, il successo ne è accresciuto dal fatto che un altro fiume, l'Handeck o l'Erlenbach proveniente dall'west, si slancia nel medesimo abisso, e fra gli spruzzi, dalle dieci circa del mattino fino ad un'ora, si riflette un arcobaleno bellissimo.

La caduta di Handeck non è, come tante altre, una serie di cascate, ma il fiume scavalca con un salto solo. Ciò si deve alla presenza di un duro rialzo di granito che sporge oltre lo gneiss-granito e lo gneiss-occhiatino, più erodibili.

Sotto Handeck, e fino a Guttannen, si trova un'ampia cintura di fillite sericitica. A Guttannen ricomparisce lo gneiss che continua fino ad Innertkirchen, ma rotto da un'altra fascia di fillite ad Urweid, e dalle pieghe giuresi già menzionate (*ante*, pag. 324).

Ad Innertkirchen lo gneiss si sprofonda sotto gli strati Triasici e Giuresi; rappresentati i primi da una stretta cintura, ed i secondi formando la continuazione del gran muro dell'Oberland Bernese. Presso la congiunzione dello gneiss e degli strati giuresi, l'Aar traversa una valle longitudinale, chiamata valle di Urbach (*ante*, pag. 324) ad west, e valle di Gadmen all'est. In tutti e due i casi le valli laterali sono ad un livello più alto di quella dell'Aar, secondo la regola generale che le valli trasversali sono scavate più rapidamente delle longitudinali: ne risulta in ogni caso un forte dislivello dalla valle dell'Aar, essendo quella dell'Urbach la più inclinata fra le due.

Sotto Innertkirchen la valle dell'Aar è interrotta da un rialzo di roccia giurese, detto il Kirchet, a monte del quale fu supposto che il fiume, una volta, formasse

un lago, nella depressione conosciuta col nome di « Hasli-im-Grund ». Di ciò non si ha prova diretta, ed è possibile che il fiume attraversasse il rialzo mentre esso sorgeva. Studer (1) era disposto a riguardare la depressione come dovuta ad un terremoto, ma nel fatto essa segue semplicemente la pendenza normale del fiume, su cui si eleva il Kirchet. Nella roccia giurese (Malm) l'Aar si è tagliata una magnifica gola, profonda 90-120 metri, che è una delle più lunghe e più profonde della Svizzera. Ai due estremi le rocce presentano tracce evidentissime dell'azione del ghiaccio.

Presso l'estremo superiore un vecchio solco con ripido pendio corre al livello attuale del fiume e fu supposto che rappresenti una via antica da esso tenuta. Si soleva riguardare la gola dell'Aar come prodotta da frattura, ma tutto il taglio è stato evidentemente operato dal fiume, poichè da cima a fondo sono visibili i segni caratteristici dell'erosione.

Sotto Meiringen il fiume corre per una valle ampia e piatta che, manifestamente, fu una volta molto più profonda, e faceva parte del lago di Brienz. Ciascun fianco presenta erte pareti di roccia giurese con ben distinti terrazzi, dovuti alla degradazione atmosferica. Come in altri casi, è evidente che in un tempo il lago si estendeva per qualche tratto sopra la valle — nel nostro esempio, fino a Meiringen — che, a poco a poco, fu riempita dal fiume.

Il lago di Brienz, a 566.4 metri sul mare, è lungo 9 miglia, largo 2 ed ha 261 metri di profondità. Esso segue la linea di congiunzione degli strati cretacei a nord, con i giuresi a sud. Le due sponde ne sono ripide

(1) *Geol. d. Schweiz*, vol. i.

e, presso l'estremo orientale, il Giessbach, di fronte a Brienz, con una serie di cascate discende la scoscesa muraglia degli strati giuresi. Il rialto a nord è di Neocomiano, rivestito d'Urgoniano.

In origine i laghi di Brienz e di Thun ne formavano uno solo, e la pianura sulla quale giace Interlaken deve la sua formazione ai depositi della Lütschine che viene dal Grindelwald a sud, ed a quelli della Lombach che bagna la valle di Habkern, a nord. Giudicando dalla profondità del lago, questi depositi devono avere almeno 300 metri circa di spessore. Fu già detto che fino al secolo XIV la Lütschine correva nel lago di Thun, ed unendosi all'acqua che usciva dal lago di Brienz dette origine ad un piano paludoso ed insalubre. Furono le monache del convento di Interlaken che la diressero nel lago di Brienz. Sul piano d'Interlaken, l'Aar segue un corso tortuoso, deviando prima a destra in causa del cono della Lütschine, e poscia a sinistra per quello della Lombach. Il lago originario, innanzi che fosse bipartito dalla formazione del piano, per una stretta fessura attraversava un rialto fratturato e dislocato di Neocomiano, molto simile a quello che quasi divide, ai due Nasi, il lago di Lucerna in due parti eguali.

Grindelwald riposa sopra una frana staccatasi dal Röthihorn, che occupa quasi tutto il fondo della valle[1]. A sud-est della Chiesa, però, viene alla superficie un rialto di Dogger; mentre a S. E. dei detriti ed al margine del Giurese (Malm), si estende una stretta fascia di Flysch fino a Meiringen.

Il Ghiacciaio del Grindelwald discendeva, in altri tempi, più basso di tutti i ghiacciai svizzeri, trovandosi

---

[1] Moesch, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxiv.

l'estremità, nel 1868, a soli 1080 metri sul livello del mare; ma negli ultimi anni si è considerevolmente ritirato. A Lauterbrunnen c'è la bella cascata dello Staubbach, una delle più alte d'Europa, poichè la caduta avviene fra i 250 e i 300 metri. Con un'altezza sì grande e con un volume d'acqua relativamente tanto piccolo, essa si rompe in spruzzi prima di toccare il fondo e perciò è chiamata la « Dust Stream » (corrente di polvere). « Quando balza dalla roccia, essa rassomiglia — dice Byron — alla coda d'un cavallo bianco che corra al vento, quale potrebbe immaginarsi quella del « magro cavallo » che monta la Morte nell'Apocalisse. Non è nebbia nè acqua, ma ha qualche cosa dell'una e dell'altra; per la sua immensa altezza s'incurva ed ondeggia — uno spandersi qua, un condensarsi là, maraviglioso ed indescrivibile » ([1]).

La rupe in cui cade lo Staubbach, e gli strati corrispondenti sul fianco opposto, sono di Malm. Presso Steckelberg, più in alto sopra la valle, lo gneiss viene alla superficie.

La valle della Lütschine è una valle d'erosione, tagliata ad angoli retti con la direzione generale delle montagne.

Ma perchè il fiume scelse questa via particolare?

Chiunque conosca il lago di Thun, ricorderà il rialto di roccia di color chiaro (Urgoniano) che corre lungo il Därlingen Grat, inclinando in basso dal Morgenberghorn all'estremo orientale del lago. Così pure in ambo i casi, inclinano verso la Lütschine gli strati dal Bellenhöchst all'west e dallo Scheinige Platte all'est. E quantunque quella della Lütschine sia principalmente una valle d'erosione, questa inclinazione degli strati su

---

([1]) *Byron's Journal.*

ciascun lato dette probabilmente la prima direzione delle acque.

Il lago di Brienz occupa una profonda piega sinclinale; gli strati sulla sponda meridionale sono verticali, talvolta veramente a strapiombo. La figura 128 dà una sezione da nord a sud; dal Guggenhürli, attraverso la valle di Habkern ed il rialto di Harder, fino all'Aar presso Interlaken. Da essa si rileverà che la valle di Habkern è una valle di erosione, e che l'Harder ed il

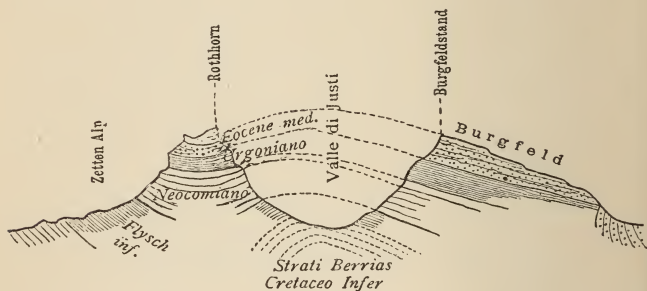



Fig. 127. Sezione attraverso la valle di Justi.

Rieder Grat sono formati di Urgoniano, di Neocomiano e di strati Cretacei (Berrias) che in alto si piegano verso il lago, sopra il sito attuale del quale, in un tempo, devono aver formato un grande arco. Il presente orlo meridionale di questi strati non è il loro limite d'origine; non rappresentano quindi la spiaggia del mare Cretaceo, ma si formarono in un mare che si stendeva una volta lontano, a sud. Infatti gli strati cretacei inferiori ricompariscono in lembi e in zone lungo una cintura che corre, dalle vicinanze di Gsteig, parallela al lago, ma a qualche distanza da esso; e l'Eocene, lungo un'altra cintura, corre dalla Baia di Uri, per

Meiringen, fino a Grindelwald. Questi non devono essere riguardati come depositi formati in baie o in fiordi, ma come avanzi di depositi una volta continui.

La valle di Habkern è pure celebre per molti frammenti e massi di granito rosso, noto col nome di Granito di Habkern, che si trovano pure in altre valli vicine, ma qui sono numerosi in special modo. Uno di essi raggiunge le dimensioni di 400.000 metri cubi [1]. Sono inclusi nel Flysch e perciò devono essere stati trasportati

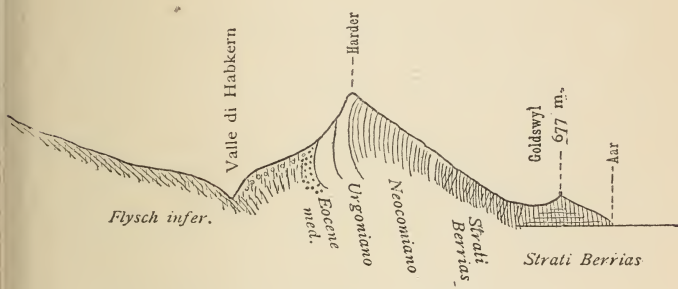



Fig. 128, Sezione attraverso la valle di Habkern.

in tempi Eocenici. Attualmente non si conosce nelle Alpi un granito di tal carattere (v. *ante*, pag. 253).

Lungo il nord del lago di Brienz corre una fila di colline che costituiscono l'Harder. Ad Interlaken cessano ad un tratto, ma sull'altro fianco della valle, ed un po' più oltre ad west, un'altra fila identica corre nella medesima direzione. Geologicamente esse si rassomigliano, ed infatti sono parti di una catena che una volta era continua e poscia fu dislocata e spostata. Gli

---

(1) KAUFMANN, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. XXII. pt. I.

strati che la compongono sono invertiti, trovandosi i più antichi alla sommità.

Ma quantunque, senza dubbio, i laghi di Brienz e di Thun ne formassero in altri tempi uno solo, essi sono d'un carattere totalmente diverso, occupando, come abbiamo già detto, quello di Brienz una valle longitudinale, mentre il lago di Thun è, per la massima parte, una valle trasversale di erosione.

La figura 127 offre una sezione attraverso la valle di Justi, fra St. Beatenberg e Sigriswyl, che, come si rileva, è una valle anticlinale. Le montagne, sul fianco sud, mostrano contorsioni notevoli, e sembra che siano state soggette ad una pressione, che agì in direzioni differenti.

L'estremo inferiore del lago di Thun è sbarrato, almeno in parte, dalle alluvioni della Simme e del Kander. Qui si ha un curioso punto in rapporto con l'uscita della Simme (Simmenthal), dalle montagne presso Simmis. Invece di seguire il basso piano fra lo Stockhorn (Giurese) ed il Niesen (Eocene), essa ha tagliato una gola attraverso l'estremità del primo, distaccando il Burgfluh (Giurese) dal resto dello Stockhorn, di cui evidentemente il Burgfluh faceva parte in origine. È probabile che ciò sia dovuto all'ammasso di detriti portati giù dall'Höllengraben e da altri torrenti che provengono dal Niesen, i quali hanno cacciata la Simme al nord del Burgfluh.

CAPITOLO XX

ZURIGO E GLARONA.

Il lago di Zurigo è lungo circa 26 miglia e ne ha 3 di larghezza; è profondo 142 metri e sta a 409 metri sul mare. Il paesaggio immediato, quantunque non grandioso, è mite e ricco, con un magnifico aspetto di benessere e di civiltà.

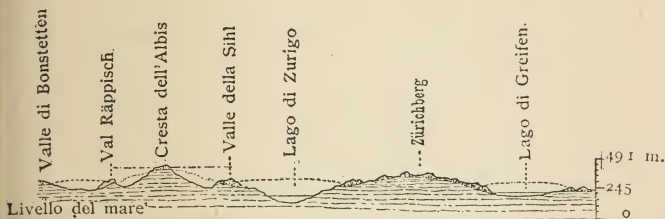



Fig. 129. Veduta attraverso la valle di Zurigo.

Tutta la valle fu scavata nei tempi preglaciali, e poscia fu occupata dal ghiacciaio.

Guardando il lago da Zurigo, si ha di fronte la bella catena delle montagne nevose dal Glärnisch al Vindgälle e al Titlis. La valle è limitata a sinistra da un rialto di molassa- il Zürichberg. Dei due rialzi a destra,

il più vicino ed il più basso è la morena laterale del ghiacciaio durante l'ultima epoca glaciale; quello superiore è l'Albis, alto 150 metri, anch'esso di molassa e corrispondente al Zürichberg. La stessa sommità dell'Albis è pure ricoperta da depositi glaciali, ed un tempo il ghiacciaio si estendeva fino a Waldshut. L'albergo sulla vetta dell'Uetliberg sta in parte sulla Molassa, ed in parte sulla morena.

Dopo un lungo periodo il clima migliorò, il ghiacciaio retrocedette, ed il ghiaccio fuso dette luogo a torrenti, che, penetrando fra i materiali trascinati dall'antico ghiacciaio, ne distribuirono molta parte, formando grandi depositi fluvio-glaciali, più o meno cementati insieme e (v. *ante*, pag. 118) noti col nome di Deckenschotter. Immediatamente sotto il « restaurant » alla sommità dell'Uetliberg si ha uno spessore considerevole di simile deposito, che forma rupi perpendicolari, sotto le quali si trovano avanzi di una morena di fondo. Essendo il Deckenschotter permeabile, e la morena non permettendo il passaggio dell'acqua, si trovano delle sorgenti alla linea di contatto.

Durante la seconda epoca glaciale, il ghiacciaio si estendeva pure a Waldshut, ma non sembra che sia rimasto a lungo a questo limite estremo, poichè non si conosce la morena terminale. Nondimeno, appartengono a questo periodo le morene laterali a Zugerberg, ad Hohe Ronen, a Gubel, quelle sulla sommità della catena dell'Albis, l'Hasenberg, il Zürichberg, ecc.

Le morene dell'ultima epoca glaciale, come naturalmente bisognava aspettarsi, sono più manifeste, ed hanno determinato grandemente il paesaggio del distretto. La morena laterale, come già menzionammo, forma la bassa catena delle colline ad west del lago, e lo separa dalla Sihl.

La morena terminale più esterna dell'ultima epoca glaciale è forse quella che si trova a Killwangen, sotto la quale si ha una massa di depositi fluvio-glaciali, che formano il così detto Wettingenfeld.

La morena terminale più vicina è proprio sotto Schlieren. Poscia segue la grande morena di Zurigo, i cui punti più elevati sono il Muggenbühl, la collina del Giardino Botanico, la Lindenhof, il quartiere noto col nome di Winkelwies e la Hohe Promenade. Fuori della morena vi ha una grande massa stratificata di depositi fluvio-glaciali, e l'insieme forma un rialto che costituisce l'orlo inferiore del lago di Zurigo. Il fiume lo ha attraversato ad una profondità di 11 metri; perciò una volta il lago deve essere stato a quell'altezza sopra il livello attuale e raggiungeva il lago di Walen, dal quale è soltanto separato da un basso piano.

Durante la sua ritirata il ghiacciaio fece un'altra lunga sosta a Wädenschwyl e a Rapperschwyl, formando morene, l'ultima delle quali arriva quasi al livello dell'acqua, ed è stata utilizzata per la ferrovia. Essa sostiene numerosi massi erratici, alcuni dei quali sporgono sopra il livello dell'acqua, e quando questa è bassa, se ne vedono in numero maggiore.

Il lago di Zurigo è dunque una valle fluviale sommersa e sbarrata da una morena. La valle della Linth, come è chiamata la Limmat Superiore, è una valle trasversale; l'alto lago da Utznach a Richterswyl è una valle longitudinale; la porzione più alta del basso lago attraversa gli strati un po' diagonalmente, mentre il resto del lago e la Limmat Inferiore rappresentano ancora una valle trasversale.

Sui due lati del lago di Zurigo vi ha una serie di terrazzi, distinti in special modo da Meilen a Stäfa, e ad Horgen (v. *ante*, pag. 188).

La valle stessa, come le altre che attraversano le regioni basse della Svizzera, cominciò senza dubbio nei tempi preglaciali. Durante il primo periodo interglaciale, se non anteriormente, essa fu scavata nella sua completa profondità, cioè, considerevolmente sotto il livello attuale, e fu riempita in parte durante il secondo periodo glaciale. Nel preparare le fondamenta per il ponte del « quai » a Zurigo, i depositi glaciali vennero forati fino a 40 metri di profondità senza che si toccasse il fondo della valle, e si calcolò che superino i 100 metri di spessore [1].

Invero, eccetto che ci sia qualche rialzo trasversale di cui non si hanno prove, ne segue che, siccome il lago ha una profondità di 142 metri, si può, anche senza ammettere una inclinazione della valle, ritenere che la barriera di materia glaciale abbia una grande altezza, o, aggiungendo gli 11 metri, un'altezza non minore di 200 metri circa.

Io ho parlato di questa valle come se essa fosse della Limmat. Però, come fatto certo, essa fu in altri tempi occupata dal Reno e forse in origine apparteneva alla Sihl; la Linth o la Limmat Superiore correva allora attraverso la valle presentemente conosciuta col nome di valle di Glatt, fino a che il gran ghiacciaio del Reno, premendo ad west, la spinse in quella che era la valle della Sihl, ed in seguito, ritirandosi, lasciò deserta la valle di Glatt, attraversata soltanto dalla piccola corrente del Glatt.

LA SIHL.

Con la storia del lago di Zurigo è intimamente legata la storia molto interessante del fiume Sihl, che ha un corso curioso.

---

[1] Du Pasquier, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxi.

Dalle montagne di Schwyz, dove nasce, essa tende difilato al lago di Zurigo. A Schindellegi è soltanto a 3 chilometri (meno di due miglia) dal lago, e a non meno di 350 metri o a 1150 piedi sopra di esso; ma la morena oppone un ostacolo che il fiume ha trovato insuperabile, sebbene si elevi di soli 12 metri circa sopra il suo livello, e la Sihl ha deviato dal suo corso naturale.

Sopra Schindellegi, l'alta valle della Sihl è larga e piatta, ma la morena del ghiacciaio della Linth la spinse all'west, la escluse infine dalla propria valle, ed essa corse per Sihlbrück e Baar, dove un'ampia valle, ora asciutta, conduce verso il lago di Zug. E questo fu il secondo corso della Sihl.

Ma le sue avventure non sono finite.

Durante la terza epoca glaciale il ghiacciaio della Reuss occupava il lago di Zug, e a poco a poco elevava una morena da Menzingen, ad est di Sihlbrück, fino a Mettmenstetten e al nord. Che questa morena appartenesse al ghiacciaio della Reuss è provato dai ciottoli di eurite di val Maderan, da parecchi pezzi di porfido del Windgälle e da massi di granito del Gottardo [1].

Il fiume, in tal modo sbarrato, prese la sola via che gli era aperta, cioè l'alveo attuale fra la catena dell'Albis e la grande morena ad west del lago di Zurigo. Perciò, l'attuale — terzo — corso della Sihl rimonta soltanto alla fine del periodo glaciale. È degno di nota che condizioni somiglianti, quantunque non distinte così bene, si presentino in rapporto a parecchi altri laghi svizzeri: così il Kander è stato respinto dal lago di Thun, l'Arve dal lago di Ginevra.

---

[1] Aeppli, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxiv.

IL LAGO DI WALEN.

Il lago di Walen, o di Walenstadt, offre un gran contrasto con quello di Zurigo. Esso è lungo circa 10 miglia, largo 1 $^1/_2$, profondo 151 metri ed è alto 423 metri sul mare. Il paesaggio che lo circonda è grandioso e severo. Il lato meridionale inclina ripidamente, e quello settentrionale è quasi perpendicolare, elevandosi le rupi ad un'altezza di 900 metri circa. Come si rileverà dalla figura 130, gli strati sono piegati sopra sè stessi, e al di sopra ci sono pascoli estesi che si inalzano fino all'orlo della rupe. La figura mostra ancora le contorsioni subìte dagli strati.

A sud, il distretto fra il lago di Walen e la valle del Reno fu pure la sede di cangiamenti importantissimi.

LE MONTAGNE DI GLARONA.

Il distretto di Glarona è veramente uno dei più interessanti di tutta la Svizzera. Ascendendo le montagne a sud del lago di Walen, si trova da per tutto come roccia fondamentale il Verrucano, e, sopra questo, Röthidolomite, Lias, Giura Bruno, Strati Cretacei e dell'Eocene, tutti — purchè presenti — nel loro ordine regolare. Ma più lontano, verso sud, tutto è cangiato e gli strati sono invertiti. La roccia più recente, l'Eocene, è la più bassa, mentre sopra di essa giacciono successivamente Cretaceo, Malm, Giura Bruno, Lias, Röthidolomite e Verrucano, che riveste parecchie sommità montuose. Questa inversione degli strati copre uno spazio superiore a 1130 chilometri quadrati e fu per lungo

tempo un grande imbroglio per i geologi. Escher, che studiò il distretto con gran cura, venne alla conclusione che i fatti potrebbero solo spiegarsi mediante una gran piega, rovesciatasi, per così dire, in modo da invertire tutte le rocce. Egli opina che una inversione identica sia avvenuta a sud-est, cosicchè si ha una gran piega doppia che comincia dal lago di Walen a nord e dalla valle del Reno a sud, cioè da Waldhaus Flims fin presso Coira. I fatti sembravano così incredibili che Escher esitava a renderli pubblici, ed ebbe a dire con Heim che se lo avesse fatto nessuno avrebbe voluto prestargli fede. Ma le successive ricerche da Heim pubblicate nelle sue grandi opere, il *Mechanismus der Gebirgsbildung* ed il 25.° volume delle svizzere *Beiträge,* pongono, secondo il suo modo di vedere, la seguente spiegazione fuori di ogni dubbio, ed io la riferisco a cagione della sua alta autorità.

La teoria sarà resa più chiara dalla sezione, data dalla figura 130, che va dal lago di Walen alla valle del Reno, fino a Waldhaus Flims, un po' sopra Coira.

Il prof. Heim fa notare ([1]) che sul

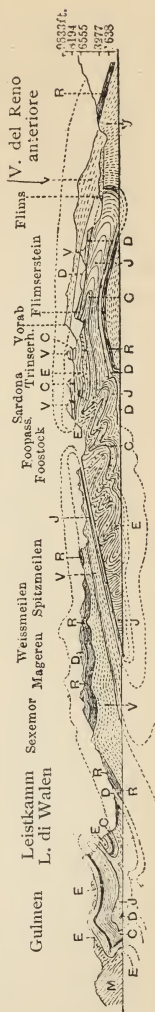



Fig. 130. Sezione dal lago di Walen alla valle del Reno, a Waldhaus Flims, un po' sopra Coira.
M, Miocene; *E*, Eocene; *C*, Cretaceo; *J*, Giurese; *D*, Dogger; *R*, Rauchwacke; *V*, Verrucano.

([1]) Heim, *Livret Guide.*

Butzistockli — un punto facilmente accessibile ad west del Karpfstock e ad est della valle della Linth — si trova una serie completa dal Malm al Verrucano (Carbonifero) ma in ordine inverso, poichè le rocce più antiche giacciono sulle più recenti. Esse sono ridotte a circa $^1/_{10}$ del loro spessore primitivo.

Il Verrucano invertito riveste parecchie sommità isolate o quasi, quali l'Hausstock, il Rüchi, e il Graue Hörner a nord — il Piz Dartgas, il Surrhein, il Vorab, il Laxerstockli, il Piz Segnes, il Ringelspitz, ecc., a sud, ed occupa un distretto considerevole fra la valle della Linth ad west e quella di Sernft all'est, soprastando in tutti questi casi alle rocce più recenti.

Se tale spiegazione è giusta, il Verrucano, che riveste le montagne, come è mostrato nella figura 130, deve continuarsi di sotto. E che sia così, è provato dalla sezione presentata della valle della Tamina a Wättis (fig. 132), dove la valle è realmente tagliata nel Verrucano. Nel distretto orientale della piega si rinviene un caso simile nella profonda valle di Limmerntobel. Le vedute che si godono dalle sommità dell'Hausstock, del Ringelkopf e del Graue Hörner, sono riguardate dall'Heim fra le più sublimi di tutte le Alpi.

Che una volta gli strati giuresi si estendessero lontano oltre i loro limiti attuali è indicato dalla fig. 133, che offre una sezione attraverso lo Stock Pintga, dove la piega ha conservato un piccolo lembo sporgente di Lias o di Giura bruno.

Le sezioni (fig. 131 a 136) possono realmente dare a chiunque un concetto più chiaro della regione, che non una lunga descrizione, e presentano un'idea generale di questo interessante distretto.

Si suppone che la radice, per così dire, della piega settentrionale si estenda da Fluelen per la valle della

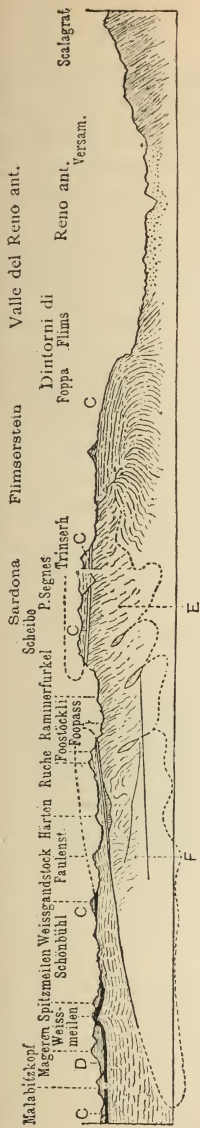



Fig. 131. Sezione attraverso la valle del Vorder-Reno, da Weissmeilen a Versam. *D*, Dogger; *C*, Cretaceo; *E*, Eocene.

Fig. 132. Sezione attraverso la valle della Tamina, da Mels a Coira.

Linth fin presso Glarona e di là verso Sargans: ed il margine meridionale della piega settentrionale si svolga secondo una linea debolmente curva, cioè dal Tödi, per Elm, e dal Foopass, a sud del Graue Hörner, e attraverso la Tamina sino alla valle del Reno, a qualche distanza sotto Coira.

Ad west, la radice della piega meridionale apparisce dapprima a Panix e segue approssimativamente la valle del Reno dalle vicinanze di Truns fino a Coira, nascosta, però, da immensi depositi di ghiaia, ecc. Oltre Coira, non si può seguirla. Il margine settentrionale della piega meridionale giace alquanto a sud dell'orlo meridionale della piega settentrionale. Le fronti, per così dire, delle due pieghe si accostano più da vicino all'Hausstock a nord, ed al Kalkhorn a sud; ed ancora (fig. 131) al Foostock dal nord, al Piz Segnes al sud.

La formazione delle due pieghe fu probabilmente contemporanea, sebbene Heim pensi che la meridionale ebbe forse a cominciar prima.

Fig. 133. Sezione dello Stock Pintga, da val Rusein.
d, Giura Bruno o Lias; *e*, Dolomite Triasica; *f*, Strati carboniferi.

L'effetto della doppia piega è stato di abbreviare la distanza fra il lago di Walen e la valle del Reno di 32 chilometri, riducendola cioè da 67 chilometri a 35 [1].

---

[1] Heim, *Mech. d. Gebirgsbildung*, vol. i.

La piega settentrionale è lunga 90 chilometri con una larghezza massima di 16 chilometri, quella meridionale ha 48 chilometri di lunghezza ed una massima larghezza di 13 chilometri. Gli strati sono interamente rovesciati sopra una superficie di 1130 chilometri quadrati.

Ma quantunque in tal guisa si acquisti un'idea generale di questo meraviglioso ed interessante distretto, ci sono tuttora molte questioni da rischiarare. Il cominciamento delle pieghe all'est e all'west è ancora oscuro, e gli strati sono in molti luoghi così arricciati, contorti, fracassati e alterati che si può difficilmente riconoscerli.

In molti luoghi le catene sono acutissime, ed in quella del Vorab, sopra Elm, nella valle di Sernft, i ripidi strati calcarei formano una parete alta da 100 a 150 metri, ma molto stretta. In un luogo la roccia non ha resistito alla degradazione atmosferica, e si è formata un'apertura alta 16 metri e larga 20, nota col nome di Martin's Loch (Pertugio di Martino). Essa è tanto alta sopra Elm che due volte all'anno, il 4 e il 5 Marzo ed il 14 e il 15 Settembre, il sole, attraversandola, risplende sulla guglia della chiesa del villaggio.

Ma si può domandare : perchè nel distretto di Glarona si ha un piegamento ed una contorsione in grado sì straordinario fra il lago di Walen ed il Reno Anteriore? Se la spiegazione generale della struttura delle Alpi, che si è data nei capitoli precedenti, è giusta, ne segue che il valore del piegamento in qualunque sezione deve essere press'a poco eguale. Ora immediatamente all'est e all'west la grande piega doppia di Glarona è rappresentata da numerose pieghe più piccole. Più lontano ancora essa è rimpiazzata, ed è ottenuta la necessaria economia di spazio, per mezzo dei Massicci Centrali. Infatti, se si guarda la carta, si scorgerà che nel distretto delle Alpi corrispondente alla doppia piega, dal San Gottardo, al-

l'west, alla Silvretta ad est, non si trova un Massiccio Centrale. Il Massiccio Centrale e la piega doppia sono complementari e si rimpiazzano a vicenda ([1]). Infatti, nei Massicci la piega centrale volge verso l'alto, nella doppia piega di Glarona volge in basso.

Il distretto contiene due casi notevoli di frane. Una, appartenente ai tempi preistorici, nella valle della Linth sopra Glarona, si staccava da una cornice detta Guppen, sul fianco orientale del Glärnisch. L'aspetto della valle fra Glarona e Schwanden fa uno stridente contrasto con ciò che si trova al disopra e al disotto. Essa risulta di detriti di breccia calcarea non stratificata, più o meno angolosa e le pietre mostrano numerosi indizi di concussione. Consta principalmente di Malm, con una piccola quantità di Dogger, Cretaceo e Verrucano. Riposa sopra depositi speciali e ne è coperta, e, come in altri casi, sbarrava la valle e formava un lago.

L'altra grande frana, quella di Elm, fu la più disastrosa che sia accaduta, dopo quella del Rossberg. Si staccò l'11 Settembre del 1881 dal fianco dello Tschingelberg, all'altezza di circa 900 metri. Rimasero distrutte più di 80 case e perirono 115 persone. Il luogo è tuttora una scena di selvaggia desolazione.

IL GLÄRNISCH.

Il Glärnisch è un altro caso complicato di piegamenti ([2]). Esso è una comba orograficamente e geolo-

---

([1]) Rothpletz (*Geotektonische Probleme*) ha proposto un'altra spiegazione fondata sopra salti e accavallamenti, la quale offrirebbe difficoltà meccaniche minori, ma, secondo le vedute di Heim, la spiegazione data è più in accordo con i fatti.

([2]) Baltzer, *Der Glärnisch.*

gicamente. Gli strati sono piegati l'uno sull'altro come un *S* troncato ai due lati, dalle valli della Linth e del Klön. Baltzer dà la seguente tavola che indica la serie degli strati sul Glärnisch orientale:

Serie normale	Serie attuale sul Glärnisch orientale
Eocene	Urgoniano
. . . .	. . . .
Urgoniano	Neocomiano
Neocomiano	Valenginiano
Valenginiano	Neocomiano
Giura Superiore . . .	Urgoniano
Giura Medio	Neocomiano
Lias	Valenginiano
Trias	Neocomiano
Dyas	Giura Superiore
. . . .	Giura Medio
. . . .	Lias
. . . .	Giura Superiore
. . . .	Giura Medio
. . . .	Dyas
. . . .	Giura Superiore
. . . .	Eocene

Si scorge perciò che la struttura è molto complessa. L'Eocene, la formazione più recente fra tutte, è proprio alla base, e la compressione ha in molti casi eliminato interamente alcuni piani. All'est del Glärnisch è il Silbern, dove Heim ha trovato una struttura somigliante, ma sviluppata ancor più magnificamente.

Rothpletz ha proposto [1] un'altra spiegazione.

La teoria di Baltzer, di Burckhardt e dell'Heim ri-

---

(1) *Das Geotektonische Problem der Glarner Alpen.*

posa sull'ipotesi del piegamento, con il tratto mediano della curva eliminato per pressione. Rothpletz però sostiene che lo strato ritenuto finora per Schrattenkalk rovesciato, è realmente Valangiano « Kreide » in una posizione normale, e che quantunque si abbiano alcuni piegamenti minori, non ci sono grandi inversioni. Ammette però alcuni piegamenti. È un tratto saliente nel Glärnisch la generale orizzontalità degli strati, ed io ho sempre creduto che la successione, come è data dagli scienziati più distinti, si spieghi molto difficilmente con l'ipotesi delle inversioni.

Rothpletz suggerisce tre grandi accavallamenti e pensa che la montagna risulta da quattro parti principali [1]:

1.° La base, che è di Flysch dell'Oligocene. Questo raggiunge probabilmente un grande spessore, ed è molto piegato.

2.° Un accavallamento, dello spessore da 30 a 200 metri, che offre, dal basso all'alto, Rothidolomite, Dogger, Malm, Titonico, Neocomiano, Aptiano ed Eocene. I due più antichi fra questi non sono dovunque presenti, e non sono piegati. I superiori lo sono, di modo che l'Eocene è piegato una, due ed anche tre volte, nel Cretaceo e nel Giurassico.

3.° Un secondo accavallamento, dello spessore da 300 a 600 metri, che risulta di Sernifite, Rothidolomite, Dogger, Malm e Titonico. In questo accavallamento non si hanno pieghe: esso è tutto semplice e normale, ma non dovunque presente.

4.° Un terzo accavallamento, dello spessore di 1500 metri e risultante di Sernifite, Lias, Dogger, Malm, Titonico e Cretaceo.

---

[1] L. c. P. 114.

VINDGÄLLE.

Il gruppo del Vindgälle è stato descritto mirabilmente da Heim. Gli strati non solo sono stati piegati

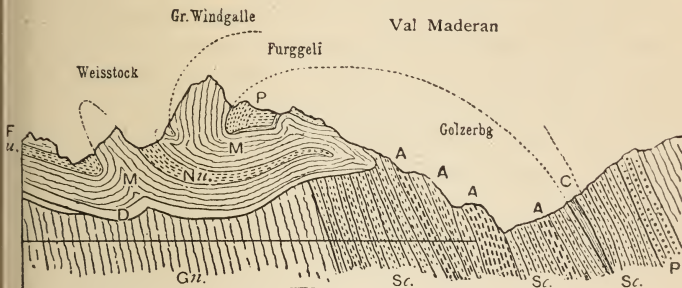



Fig. 134. Sezione del Vindgälle.
Gn, Gneiss; *P*, Protogino; *A*, Anfibolite; *Sc*, Schisti Cristallini: *C*, Carbonifero; *D*, Dogger; *M*, Malm; *F*, Flysch: *Nu*, Nummulitico.

dalla pressione che agì press' a poco in direzione di nord-est, ma attualmente, per una distanza da un miglio e mezzo a due miglia, sono ripiegati sopra se stessi (fig. 134). Il Porfido, sebbene roccia eruttiva, è molto più antico, e non ha preso parte attiva in questo notevole accavallamento. Esso è stato perfettamente passivo, poichè esso stesso è piegato con gli altri strati. Tutta la regione è istruttiva in particolar modo.

Al cominciar del periodo carbonifero, i sedimenti più antichi, convertiti più o meno in schisti cristallini, contenevano già incluse masse di granito, e furono piegati, formando una catena montuosa. Sopra questi sedimenti, da qualche vulcano o da alcuni vulcani, dei quali

non è stato ancora precisato il posto, si versò una massa di lava porfiritica, la quale in seguito fu coperta da un'altra serie di depositi carboniferi. Prima del Permiano ebbe luogo un altro periodo di piegamento, e le pieghe furono parzialmente denudate durante un lungo periodo di depressione, nel quale si depositarono non meno di 500 metri di sedimenti calcarei. Il porfido, che ora occupa la sommità del Windgälle ad un'altezza di 3000 metri, era allora coperto da un grande spessore di strati giuresi ed eocenici. Infine ebbero luogo i piegamenti che hanno dato origine alle montagne attuali, in cui tutti gli strati, dal Carbonifero all'Eocene, sono piegati insieme in concordanza.

CAPITOLO XXI

IL RENO.

Nei capitoli precedenti io ho seguito la grande piega della Svizzera, non dal suo principio, però, ma lungo la valle di Chamounix, sopra il Colle di Balme, lungo l'alto Rodano da Martigny ad Oberwald, e sopra la Furka. Essa forma poscia la valle di Urseren, e passando l'Oberalp, discende il Tavetsch e dà luogo alla valle del Reno Superiore.

All'est la strada diretta alla valle del Reno sarebbe per il Pass da Tiarms, a nord del Calmot; la strada, però, incomincia con una serie di zig zag e passa a sud. Oltre il versante, si apre il vallone di Tavetsch, lungo 5 chilometri circa e che presenta a nord due terrazzi: uno a circa 60, e l'altro a 2 o 3 metri sopra il fiume. La valle termina in una stretta gola presso il villaggio di Sedrun, e sotto la gola si estende una seconda valle ampia, quella di Dissentis, che a sua volta è chiusa da una seconda gola. Avanzi di un'antica foresta si trovano sotto gli enormi depositi di ghiaia di Dissentis, ed i tronchi degli alberi, tuttora diritti, furono in alcuni luoghi messi allo scoperto dalla denudazione.

Come nel caso del Rodano, anche in questo, le carte

svizzere non dànno un'idea chiara dei tratti geologici, quantunque per ciò non siano da biasimare. Esse davano un colore separato per il Bündnerschiefer, a sud del fiume, nel quale non si sono rinvenuti fossili, ed i rapporti erano per conseguenza incerti. Nondimeno, recenti ricerche indicano che alcune di queste rocce schistose appartengono al periodo giurese, e corrispondono con gli strati alla sinistra del fiume.

Al Reno Anteriore, che può essere considerato come il vero Reno Superiore, generalmente si assegnano come sorgenti due piccoli laghi — il lago di Siarra ed il lago di Toma — sul fianco settentrionale del Sixmadun. I tributari che esso riceve dal lato nord sono di secondaria importanza (v. pag. 160), ma dal sud riceve il Reno Medio a Dissentis, la Somvix a Somvix (Summus vicus, villaggio superiore), il Reno di Vals o Glenner ad Ilanz, la Rabiusa presso Versam, il Reno Posteriore a Reichenau, il Plessur a Coira, la Landquart presso Maienfeld, e l'Ill presso Feldkirch. Il Reno ripete in certo modo, e per la stessa ragione, la condizione dell'Aar sotto Soletta, che, pure in causa della pendenza generale del paese, riceve dal sud tutti i suoi tributari importanti.

Parecchi di questi corsi d'acqua sono torrenti pericolosi, che approfondiscono rapidamente le loro valli. Il Glenner, per esempio, che bagna la Lugnetz e sbocca nel Reno ad Ilanz, è d'un effetto molto attivo. La sua valle è un solco profondo, quasi una gola. I villaggi sono situati in alto sopra la corrente su un antico terrazzo di fiume, che, nella parte più bassa della valle, ha un'altezza di 1000 metri, e ad Oberlugnetz di circa 1500 metri sopra il livello dell'acqua [1]. Nessuna delle cor-

---

[1] Heim, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxiv.

renti laterali è capace di formare dei coni, poichè tutti i materiali che esse trascinano vengono spazzati via dal Glenner. Sotto il villaggio di Riem, l'intera pendice è in alto grado malsicura; le case si screpolano continuamente, cedono, e bisogna sorreggerle.

Il bacino idrografico del Reno Superiore fu una volta più grande di quel che sia ora. I fiumi italiani, avendo un corso più inclinato, hanno qui, come altrove, (nell'Engadina, ad esempio [vedi Cap. XXIV], e in generale lungo tutta la catena delle Alpi) prolungato la loro via verso il nord, invaso le valli svizzere, e trascinate al sud certe correnti che in origine erano tributarie dei fiumi settentrionali. La Scaradra, a giudicare dai suoi superiori terrazzi di fiume, correva una volta per Motterasco e Greina in valle Somvix e, in tal modo, al Reno a Surrhein. La Carassina, pure, che ora fa un brusco giro e fluisce nel Brenno, presso Olivone, correva a nord in val Camadra, e per il Passo di Greina in val Somvix. Ciò può sembrare a prima vista improbabile, ma se ne possono scoprire i terrazzi ad un'altezza fra i 2200 e i 2400 metri.

La parte superiore del Reno [1], fino a Dissentis, presenta, in molti luoghi, ben distinti terrazzi di ghiaia, che, probabilmente, appartennero al periodo in cui il fiume fu sbarrato dalla gran frana di Flims. Essi non sono semplici coni di fiume, ma terrazzi regolarmente disposti, con una ripida inclinazione verso il fiume principale. Essi ci rimandano ad un tempo in cui le masse di detrito, che caddero dai fianchi, o vennero trascinate dai fiumi laterali, furono soggette ad un processo di

---

[1] RÜTIMEYER, *Eiszeit und Pleiocene auf beiden Seiten der Alpen.*

regolare riordinamento, e raggiungono tali dimensioni che tutti i villaggi sono costruiti sopra di esse. Il presente stato di cose è molto diverso; l'erosione prevale sulla deposizione, le correnti laterali hanno tagliato e tagliano ogni anno più profondamente nel terrazzo che il Reno stesso continua a corrodere, di modo che le case in molti punti sono state costruite più indietro. La formazione di queste masse di detriti, la loro disposizione in terrazzo regolare, e l'attuale periodo di rimozione, rappresentano tre fasi differenti nella storia del fiume.

Quantunque il corso in generale fosse determinato probabilmente dalla grande piega longitudinale della Svizzera, l'esatta direzione del fiume subì l'influenza di varie circostanze. Bisogna ricordare che in origine esso correva ad una grande altezza, almeno a 2000 metri sopra il suo livello presente, e perciò non è facile riconoscere in alcun modo qual causa ne determinasse la via precisa. Inoltre, gli strati non essendo orizzontali, l'asse della valle attuale diverge, probabilmente, più o meno da quello della valle primitiva.

Le seguenti figure, più che una lunga descrizione, varranno a dare, secondo il mio parere, un'idea migliore circa la struttura della valle del Reno.

La figura 135 presenta una sezione attraverso la valle, a Dissentis. Il fiume corre sopra un profondo letto di depositi recenti, che riposa sopra rocce cristalline ripidamente inclinate. A Somvix si ha una struttura identica.

La figura 136 ne dà una sezione a Truns, rivelando la struttura del Biefertenstock e del Brigelserhörner.

Da Truns ad Ilanz la valle è scavata nel Verrucano, che forma la radice dell'ala meridionale della grande piega doppia di Glarus (v. *ante,* pag. 343). Sopra Ilanz e sotto Coira, il Verrucano è nella sua posizione naturale, ma fra le due località è piegato sopra sè stesso.

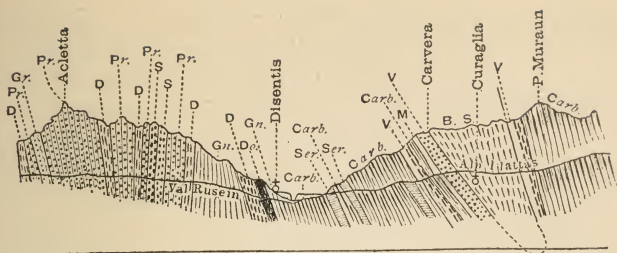



Fig. 135. Sezione attraverso la valle del Reno, a Dissentis.
D, Diorite; *Pr*, Protogino; *Gr*, Granito; *S*, Sienite; *Gn*, Gneiss; *Do*, Dolomite; *Car*, Carbonifero; *Ser*, Serpentino; *V*, Verrucano; *B S*, Bündner Schiefer.

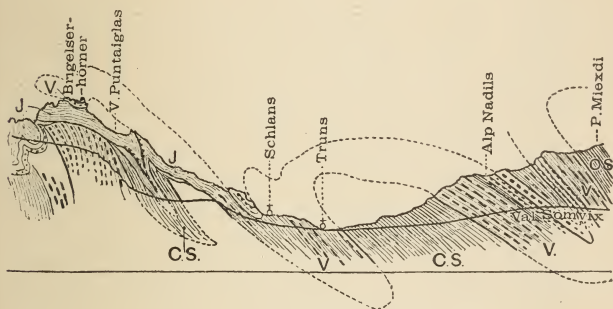



Fig. 136. Sezione attraverso la valle del Reno, a Truns.
J, Giurese; *V*, Verrucano; *C. S*, Schisti Cristallini.

La figura 137 presenta una porzione della piega doppia sulla Sardona, e la grande frana a Flims.

Da Ilanz a Coira il fiume non corrisponde ad una zona sinclinale ma ad una anticlinale, e se si consideri soltanto la sua posizione attuale, è difficile comprendere la via che ha preso. Bisogna però trasportare la nostra immaginazione al tempo in cui esso correva ad un livello più alto di 2500 a 3000 metri. Facendo così, e ricostruendo gli strati asportati (v. *ante*, pag. 346), ci troveremo

nella piega alla base dell'ala meridionale della piega doppia di Glarona. Questa depressione determinò la prima direzione del fiume, che si sprofondò fino all'attuale arco anticlinale. Esso occupava in origine una valle sinclinale, ma la sua condizione presente è tutta opera dell'erosione.

Fig. 137. Sezione dal lago di Walen alla valle del Reno, a Waldhaus Flims, un po' sopra Coira. *M*, Miocene; *E*, Eocene; *C*, Cretaceo; *J*, Giurese; *D*, Dogger; *R*, Rauchwacke; *V*, Verrucano.

Waldhaus-Flims sta lontano, sopra il fiume, in mezzo a boschi bellissimi, e sul luogo della frana più grande di tutta la Svizzera. È incerta la data della sua caduta; essa si staccò dal Flimserstein e la massa non ha meno di 700 metri di spessore. Il Reno l'ha profondamente intaccata, ma non ancora aperta, e, come per le altre frane, la superficie è molto ineguale e contiene parecchi bei laghetti.

Gli antichi terrazzi del fiume sono in special modo distinti a Reichenau e a Bonaduz, e furono già ricordati (*ante* pag. 165-166) i cangiamenti notevoli, che sembrano aver avuto luogo nel sistema fluviale di questa regione.

Symonds riguardava la valle del Reno di Avers come l'esempio più bello, da lui conosciuto, di paesaggio d'alto fiume. « Senza entrare — egli dice — nei particolari della descrizione, dirò che non ho mai visto nulla di simile in fatto di paesaggio d'alto fiume. Il Reno di Avers la vince sulla Sesia o sul cavo Mastallone e

supera di gran lunga in magnificenza le correnti dei distretti Dolomitici, che ho sempre creduto incantevoli. Esso ha un grande volume d'acqua la più azzurra, che talvolta si nasconde in gole folte di Cembri, tal altra serpeggia attraverso erbose praterie con larghe e verticose curve che scavano i zollosi margini a loro piacimento; ora si taglia una stretta via monumentale attraverso marmi solidi e puri come il Pario o il Pentelico; ora cade tonando in cataratte circondate da una dozzina di arcobaleni cangianti, ed ora scivola profondo e solenne in oscuri bacini che producono una visione di morte e in cui si brama di penetrare e scoprire il mistero » ([1]).

Sotto Reichenau si trovano nella valle parecchi rialzi di terreno non molto estesi e degni di nota, conosciuti col nome di Rosshügel, e l'origine dei quali è stata molto discussa. Tarnüzzer ha recentemente constatato che essi sono sporgenze di roccia calcarea sottostante, ma con una superficie molto alterata.

La valle è qui occupata da ghiaia, ecc., di profondità sconosciuta. La fascia che si distingue chiaramente sulla rupe, alla sinistra della valle sotto Coira, è di Neocomiano.

La parte superiore di Coira è fabbricata sul gran cono del Plessur. Il Prättigau che giace a sinistra del fiume da Coira a Maienfeld, è riguardato come un'area di depressione.

Ragatz è celebre per le sue sorgenti calde e per la tetra gola della Tamina.

A Sargans, sotto Coira, la valle del Reno si divide in due rami, e sembra che in un tempo (v. fig. 59 e 60) esso abbia seguito quello di sinistra, e passando attra-

---

([1]) Symond's, *Biography*, vol. ii.

verso i laghi di Walen e di Zurigo, abbia occupato la via attualmente percorsa dalla Limmat, e raggiunta la presente sua direzione a Waldshut. Ma ora esso segue il ramo di destra, e raggiunge a Bregenz il lago di Costanza.

L'antico ghiacciaio del Reno si estendeva oltre il lago di Costanza ed invadeva pure la valle del Danubio.

Qui, come nel caso del ghiacciaio del Rodano, è molto interessante il considerare come le rocce che formano le morene, ritengano le loro posizioni rispettive sino alla fine. Ci sono alcune rocce caratteristiche che hanno un'origine molto locale. Guyot menziona (1) specialmente il granito porfiritico del distretto di Puntaiglas, il granito verde dei Monti del Julier e lo gneiss bruno della valle di Montafun.

Il granito di Puntaiglas si osserva sempre all'west. Una cintura passa giù per la valle del lago di Walen, l'altra continua lungo la sponda sinistra della valle del Reno fino a Winterthur ed oltre.

Il granito verde del Julier occupa il centro. Esso viene dalle montagne sopra l'Alta Engadina, giù per il Reno dell'Oberhalbstein e l'Albula, ed è sparso sul Cantone di Turgovia, lungo l'west del lago di Costanza e lontano a nord e ad est.

Lo gneiss bruno di Montafun giace all'est. Viene, giù per la valle dell'Ill, al Reno a Feldkirch, si estende all'est del lago di Costanza, ed è abbondante a Lindau, giungendo lontano oltre Ravensburg.

In tal modo il granito di Puntaiglas si trova soltanto all'west, il granito del Julier nel centro, e lo gneiss bruno di Montafun all'est.

---

(1) Guyot, « Sur la distribution des espèces de roches dans le bassin du Rhône », *Bull. Soc. Neuchâtel,* vol. i.

Il lago di Costanza, a 400 metri sul livello del mare e con 276 metri di profondità, è lungo 40 miglia e copre 208 miglia quadrate. Alla sua estremità occidentale è sbarrato ad una certa altezza dai depositi dell'antico ghiacciaio del Reno, i quali, come per lettera ebbe la bontà di comunicarmi il prof. Penck, non spiegherebbero più che un quarto della sua profondità. Esso è perciò un bacino in roccia.

DISTRETTO VULCANICO DI HOHGAU.

I fenomeni vulcanici rappresentano una parte molto subordinata nella geografia fisica della Svizzera. Senza dubbio le masse di granito, di porfido, di sienite, di gabbro, di diorite, ecc., indicano sufficientemente l'esistenza di forze plutoniche, ma l'enorme denudazione che ha avuto luogo, ha da lungo tempo rimosso tutte le rocce superficiali, lasciando soltanto dei « necks » o

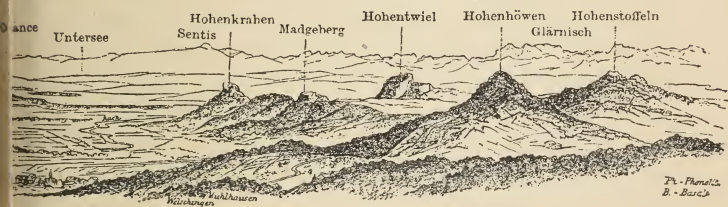



Fig. 138. Gruppo vulcanico dell'Hohgau, visto da nord-west.

dei camini vulcanici, simili a quelli trovati nella Scozia ed altrove.

Tuttavia il distretto di Hohgau, a nord-est di Sciaffusa, forma un'eccezione. Si ha qui un gruppo di vulcani

relativamente recenti, ma estinti (fig. 138). Alcuni sono basaltici — il Reidheim, l'Hohenstoffeln, l'Hohenhöwen; altri sono fonolitici — l'Hohentwiel, il Magdeberg e l'Hohenkrahen. Sembra che siano stati di epoca Miocenica, in quanto che i tufi fonolitici derivati probabilmente da essi, sono interstratificati con i depositi d'acqua dolce di Oeningen.

Le colline si elevano all'altezza di 850 metri, ripide ad est e a nord-est. Il tufo contiene frammenti angolosi di roccia giurese, ma nessuna traccia di qualche deposito post-terziario. Perciò essi sono post-giuresi; ma quantunque si trovino bombe di basalte, frammenti di lava, ceneri, ecc., che sembrano tanto recenti da far supporre che appartengano ad un vulcano in azione, è manifesto che il periodo di attività era già cessato prima del periodo glaciale.

Sotto il lago di Costanza, il Reno correva, senza dubbio, pressochè nella sua via attuale, anche prima del periodo glaciale, ma non esattamente. Sembra che in altro tempo esso abbia occupato la larga valle di Klettgau, ora deserta. Il corso moderno offre molti indizi per essere creduto relativamente recente. Di qui l'incontro di barriere rocciose, una delle quali è la causa della magnifica e celebre cascata di Sciaffusa, mentre, sopra e sotto, il fiume corre su depositi glaciali. Questo rialzo regola l'altezza del lago di Costanza, che sarebbe stato molto più basso se il Reno avesse continuato per l'alveo primitivo.

Il gioco di luce ed il cangiamento dei colori alle cascate, è maraviglioso. Dalla parte di Neuhausen e sul far del mattino, il fiume prima delle cascate — come io ebbi ad osservare — rassomigliava ad una tavola di roccia ondulata, dal ciglio della quale pareva che l'acqua balzasse improvvisamente, quasi la roccia fosse battuta

per mano d'un Profeta. Il sole saliva più alto ed il fiume diventava un foglio d'argento vivo, che, a guisa d'una valanga carica di verde, precipitava repentinamente, spargendo per l'aria un nembo di diamanti sfavillanti, qua e là tinti di roseo. Verso mezzodì, la distesa superiore del fiume era d'un colore violetto cupo, mentre l'acqua più bassa, di colore turchino, aveva sprazzi verdi: i candidi fiotti di spuma trascinati nelle profondità erano molto più distinti, e pareva quasi galleggiassero nell'azzurro, come spiriti dell'acqua agitanti le bianche braccia.

Nel pomeriggio l'acqua divenne quasi nera al disopra, e verde al disotto, con qualche scarsa tinta bleu, che al tramonto apparì più rinforzata, mentre al disopra il colore si faceva più sbiadito.

D'ora in ora, nella cascata stessa, si ebbero cangiamenti in minor numero. Essa era d'una bianchezza brillante e pareva che l'acqua saltasse di roccia in roccia con gioia continua. Verso sera, tinte verdicce apparvero qua e là.

Presentemente sembra che le cascate del Reno siano poco soggette a mutare, poichè i disegni e le descrizioni più antiche ne danno approssimativamente le particolarità attuali. Ciò è principalmente dovuto alla mancanza di sabbia e di ghiaia. Il lavoro principale del Reno è, adesso, di accumulazione fra Coira ed il lago; un piccolo cangiamento ha luogo dal lago all'imboccatura della Thur, e di qui a Basilea avviene una leggiera erosione ed un ampliamento dell'alveo.

Le celebri cave di Oeningen, all'estremo occidentale dell'Untersee, sono in strati calcarei d'acqua dolce riposanti sulla molassa. Heer ha descritto non meno di 50 specie di vertebrati, 826 insetti e 475 piante che si rinvennero in questi depositi.

Sotto Basilea e fino a Mayence la valle del Reno,

è una zona di depressione, come fu spiegato nel capitolo sul Giura (v. pag. 221). La calma e pure rapida furia del fiume a Basilea fa molta impressione, mentre la freschezza e le fredde e chiare acque delle montagne sen vanno ad animare ed a purificare le pianure della Germania e dell'Olanda.

CAPITOLO XXII

LA REUSS.

Nei capitoli precedenti abbiamo rapidamente delineata la grande valle longitudinale della Svizzera da Chamounix ai confini della Germania, ed ora considereremo nello stesso modo le due grandi valli trasversali della Reuss e del Ticino, che tagliano più o meno ad angolo retto quella del Rodano-Reno, dividendo così la Svizzera in quattro parti quasi eguali.

Nel capitolo sui fenomeni glaciali (*ante,* pag. 116) abbiamo riferito le notevoli prove di azione glaciale che presenta la Reuss Inferiore; alla probabile origine del lago di Lucerna si è accennato nel capitolo sui laghi svizzeri (*ante,* pag. 186), ed alle circostanti montagne, in quello sulle Alpi esterne (*ante,* pag. 243).

Il lago di Lucerna, a 437 metri sul mare, è profondo 214 metri. Da un antico delta della Muotta, e da avanzi di terrazzi, parrebbe [1] che una volta l'acqua fosse a circa 30 metri sopra l'attuale livello. Il lago di Lucerna, quindi, avrebbe formato un solo specchio d'acqua con quello di Zug.

---

[1] Du Pasquier, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxxi.

Il lago stesso, come chiaramente indica la sua forma, non è un fenomeno semplice — come, ad esempio, è probabilmente quello di Zurigo — ma è molto complesso. Le colline circostanti, all'estremità occidentale, sono costituite di molassa, incurvata, come già ricordammo, in due archi principali (fig. 139), in direzione da S. E. a N. W.

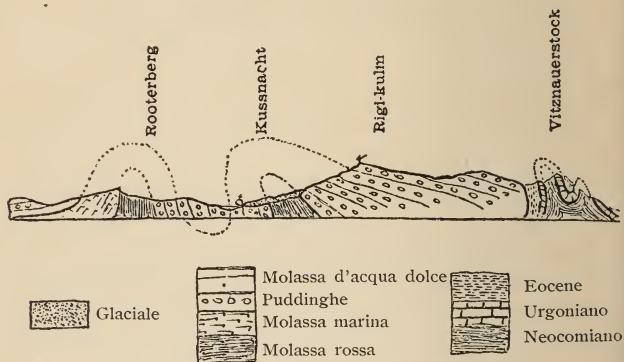



Fig. 139. Sezione attraverso il Rigi ed il Vitznauerstock.

La depressione intermedia, o la loro linea sinclinale, passa per Krienz a sud di Lucerna, attraversando presso a poco il mezzo della baia, nelle vicinanze di Küssnach; attraversa il lago di Zug dall'Immensee a Walchwyl e di qui corre ad Egeri, e attraverso il lago di Egeri giunge a Schindellegi. I due archi di molassa hanno le sommità rasate. Il Rigi ed il Rossberg rappresentano l'ala sud dell'arco meridionale, ed inclinano verso il lago. Sul rapporto fra il Rigi ed il Vitznauerstock fu detto precedentemente (v. pag. 244).

Guardando la carta, si scorge che la Reuss descrive un gran circuito presso Lucerna. In origine la sua direzione fu probabilmente per Schwyz attraverso il lago

di Lowerz e il lago di Zug, raggiungendo il corso attuale per la valle della Lorze. Una elevazione relativamente leggiera del paese intorno al lago di Zug, o piuttosto una depressione più oltre a sud, dette forse origine al cangiamento, obbligando la Reuss a modificare la sua via ed a correre verso Lucerna.

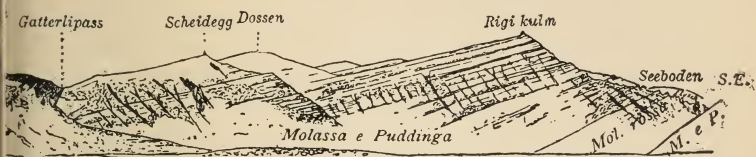



Fig. 140. Declivio del Rigi, dal nord.

Come fu già indicato, in alcuni luoghi sotto Zug si possono tuttora scoprire gli antichi terrazzi della Reuss (pag. 187), che hanno un'inclinazione contraria a quella della valle. Da questa e da altre prove si conclude che vi fu un'elevazione relativa del paese, la quale ha sbarrato la valle, convertendo in tal modo in laghi quelle parti dell'Aar e della Reuss, che formano i due rami del lago di Lucerna, noti col nome di lago di Alpnach e lago di Uri. Infatti le baie di Alpnach e di Küssnach sono una continuazione della valle dell'Aa di Sarnen, che forma il lago di Sarnen. La baia di Alpnach giace in una valle sinclinale fra due rialti cretacei che si uniscono più lontano, ad west, a formare il Bürgenberg. Parecchie delle baie più piccole, come ad esempio quelle di Langensand e di Winkel, sono dovute alla presenza di strati relativamente teneri e di facile erodibilità. La Baia di Uri è una valle trasversale, una parte del corso della Reuss.

La distesa Buochs-Brunnen è un solco — forse la vecchia via dell'Aa di Engelberg, quando questa

raggiungeva la Reuss antica a Brunnen, e continuava con essa per Schwyz e Zug; inoltre, la porzione presso Brunnen è una sinclinale. Invece il bacino di Wäggis-Vitznau è una « comba ». La molassa (Nagelflue) del Rigi inclina ad esso a nord, ed a nord è limitata dall'arco fratturato del Bürgenberg. La baia di Lucerna è scavata nella molassa, e probabilmente è la porzione più recente del lago ([1]).

Il lago di Zug deve la sua forma, che somiglia alquanto a quella di un orologio a polvere, ad uno strato di dura puddinga che lo attraversa obliquamente, a nord di Immensee.

La ferrovia da Lucerna a Brunnen passa per il teatro della celebre frana di Goldau. La linea corre fra immense masse di puddinghe, e dalla sinistra è tuttora visibile la cicatrice sul Rossberg, dal quale staccavasi la frana. La montagna risulta di duri letti di arenaria e di conglomerato, che inclinano verso la valle, e riposano sopra teneri strati argillosi. Durante la stagione piovosa del 1806, questi s'imbevvero d'acqua e, disciogliendosi, fecero scivolare, improvvisamente, migliaia di tonnellate delle solide rocce superiori, le quali entrarono nella valle e coprirono di sfasciume un miglio quadrato di fertile territorio, ad una profondità, in alcuni luoghi, di 60 metri, come venne calcolato. Gli abitanti delle vicinanze avevano udito forti scricchiolii ed aspri rumori, ed in un subito, verso le due pomeridiane, la valle parve nascosta in una nube di polvere. Dileguando la nube, l'aspetto del luogo era interamente cangiato. La valle venne sbarrata da masse immense di roccia e di macerie; Goldau ed altri tre villaggi rimasero sepolti sotto i de-

---

([1]) RÜTIMEYER, *Der Rigi*.

triti, ed il lago di Lowerz fu in parte colmato. Perirono oltre 450 persone.

LA BAIA DI URI.

La Baia di Uri fu abitualmente riguardata come una tipica valle di frattura. Tuttavia il fondo ne è quasi orizzontale, ed essa è evidentemente una valle fluviale dovuta all'erosione.

I due lati si riflettono l'un l'altro (fig. 141), sebbene, scorrendo il lago press'a poco da nord a sud mentre la direzione degli strati è da sud-west a nord-est, le porzioni corrispondenti degli strati sul lato occidentale giacciono alquanto più lontano a sud, che quelle orientali.

Fra Kindlimord e Schwybbogen una morena copre il fondo del lago, elevandosi al disotto di 50 metri dalla superficie [1].

Le pareti della Baia di Uri sono formate principalmente da strati cretacei giacenti sopra Giurese (Malm, Dogger e Lias), e variamente piegati.

Avvicinandosi a Brunnen dall'west, al principio della strada di Axen, si scorge un magnifico arco di Neocomiano rivestito di Urgoniano (fig. 141), sul quale sono situati gli alberghi di Axenstein e di Axenfels, e guardando indietro da Brunnen, se ne può scoprire il riscontro sotto Seelisberg. Gli strati sono ripiegati sopra se stessi sulla sommità del Frohnalp (fig. 141), e giù ancora, in una profonda depressione a Sissikon, dove gli strati cretacei e dell'Eocene sono quasi per-

[1] Heim, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxv.

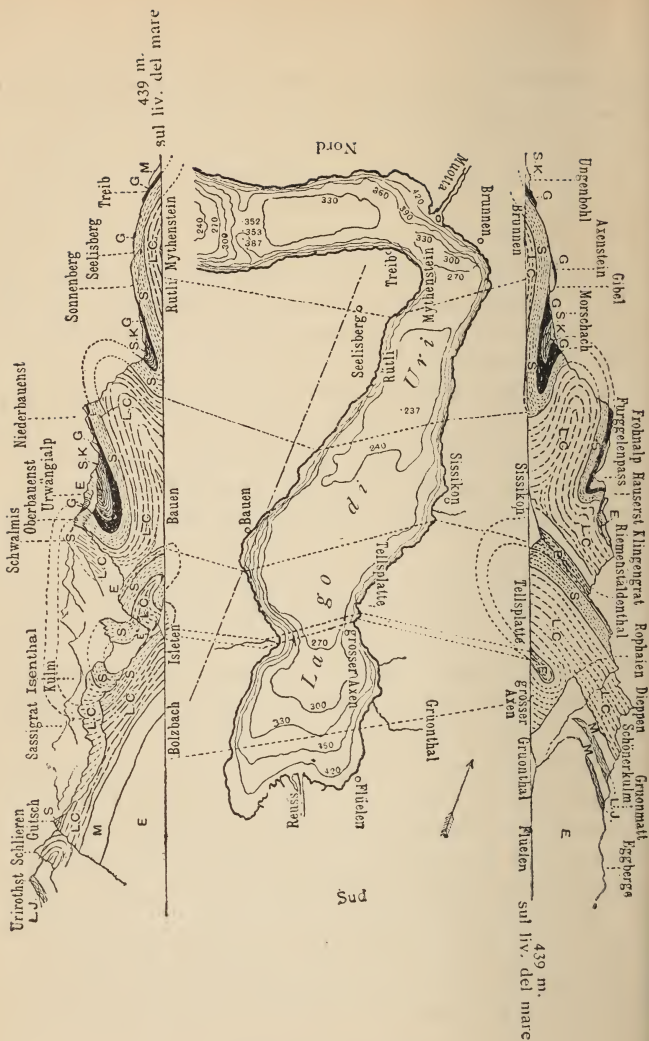



Fig. 141. Baia di Uri.
E, Eocene; *S K*, Calcare di Seewen; *G*, Gault; *S*, Schrattenkalk; *L C*, Cretaceo inferiore; *M*, Malm; *L*, Lias; *J*, Giurese.

pendicolari. Questa gran piega si mostra presso Bauen sulla sponda opposta del lago, e la depressione continua ad west sopra la valle di Isen e ad Altzellen, a sud di Stanz; verso est procede per Riemenstalden attraverso la valle della Muotta e sul ruscello di Starzlen. Gli strati che sono scoperti a Sissikon, non formano affatto il fondo della piega. Questa continua molto più profonda, e poscia, secondo Heim, si rivolge in su e riapparisce proprio al di là della Cappella di Tell, e sul lato opposto a Isleten, dove si presentano ancora strati dell'Eocene. Una tale contorsione è quasi inconcepibile, ma i piegamenti meravigliosi degli strati Neocomiani, che un po' più lontano si possono osservare lungo la strada verso Stutzegg e proprio prima di toccare Fluelen, bastano a farci convinti che essa non è impossibile, ed il prof. Heim ha prodotto certamente una valida prova in favore del suo modo di vedere.

I due « Mythen », che formano una caratteristica grandiosa guardando da Brunnen la valle della Muotta, constano di strati giuresi e triasici che riposano sopra l'Eocene. La loro struttura ha dato origine a molte discussioni. Una disposizione simile presentano pure il Buochserhorn e lo Stanzerhorn, e nel Capitolo XIII (pag. 253) ne fu data la probabile spiegazione.

VALLE DELLA REUSS SUPERIORE.

La valle sopra Fluelen è per qualche tratto occupata da depositi della Reuss. La roccia viva appare dapprima ad Amsteg, dal quale villaggio fino ad Attinghausen la strada attraversa una regione di Flysch, ricca di praterie e di boschi ombrosi; da Attinghausen al ruscello Boch, a circa mezz'ora da Erstfeld, si trova Hochgebirgskalk.

La valle sopra Fluelen fu mirabilmente descritta da Rütimeyer, dalla cui Memoria (1) sono tratte molte delle figure che seguono. La Reuss Superiore è una valle trasversale, ed infatti la direzione degli strati ed il carattere mineralogico delle rocce, da Erstfeld fino a Luino sul Lago Maggiore, sono molto simili sui due fianchi della valle. Invero, essi sono tanto simili, che, in parecchi casi, si può interamente scoprire la linea di frattura attraverso la valle.

La roccia cristallina, principalmente micaschisto e e gneiss micaceo, appare ad Erstfeld. Guardando verso west, le creste dentellate delle rocce cristalline contrastano fortemente con i contorni più morbidi delle montagne calcaree.

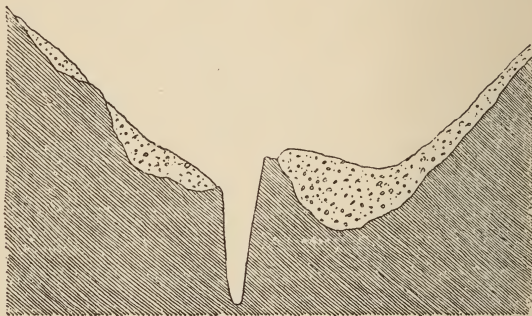



Fig. 142. Sezione della valle della Reuss, presso Amsteg (2).

Da Amsteg a Gurtnellen la roccia che prevale è lo gneiss sericitico con masse lenticolari di anfibolite, che si estende lontano verso sud-west per Guttannen fino

(1) *Über Thal-u. Scebildung.*
(2) *Über Thal-u. Scebildung.*

al Lauteraarhörner, e, verso est, fino al ghiacciaio Tschingel.

A Gurtnellen si viene sul protogino, e la Reuss vi scorre sopra fino al Ponte del Diavolo.

Ad Inschi, a poca strada sopra Amsteg, un banco di duro gneiss attraversa la valle obliquamente, e la Reuss è tuttora impegnata ad aprire questa barriera. Detriti e vegetazione ne coprono l'orlo superiore, ma la gola del fiume (fig. 142), profonda dai 60 ai 90 metri, ha pareti quasi verticali.

A chiunque sarà ovvio che questa stretta gola fu tagliata dall'acqua. Sopra di essa domina la vetta imponente del Bristenstock, regolarmente inclinato ed alto oltre i 2000 metri, eccetto dove è intaccato da un terrazzo di fiume, che più innanzi verrà menzionato ancora.

Rimontando la valle, s'incontrano altri rialzi di gneiss, in alcuni luoghi ad intervalli convenientemente regolari di 300 metri, e che, evidentemente, sono strati di roccia dura in special modo, i quali ricompaiono di quando in quando. In prova di ciò può osservarsi che ciascun rialzo ha un lato esposto ed un altro sotto vento. Quello esposto o lato superiore è inclinato, stritolato e levigato dall'azione dell'acqua e del ghiaccio, mentre il lato verso la valle è rimasto ripido e scabro.

Fra due di queste scogliere il Fellibach sbocca nella Reuss.

Qui, la valle della Reuss si trova ad un'altezza di 713 metri. Un sentiero molto scosceso conduce su alle case di Felliberg, ed al di là l'inclinazione diventa più leggiera.

Il ponte a Pfaffensprung, sotto Wasen, attraversa pure una gola verticale, profonda oltre 30 metri. Qui la Reuss di Meien, dalla soprastante valle di Meien, raggiunge la valle in un taglio profondo.

Il granito, o, come è indicato nella carta, il granito-gneiss della Reuss Superiore, è staccato verticalmente in due direzioni press'a poco ad angoli retti fra loro, ed è inoltre diviso in strati orizzontali, ad intervalli discretamente regolari di 1 a 2 metri. Questa struttura fa sì che esso abbia una tendenza — presente pure nello gneiss, quantunque meno pronunciata — a rompersi in massi esagonali. Lo gneiss del Ticino ha un carattere identico (1).

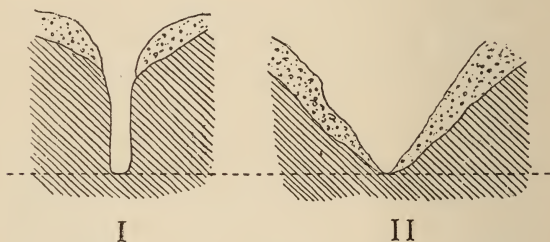



Fig. 143. Sezione della valle della Reuss.

È evidente che la valle della Reuss è una valle dovuta alla denudazione, che, a determinarne l'attuale configurazione, ebbe a fattori la pioggia e l'acqua, il ghiaccio e il gelo, il carattere e la struttura della roccia, ed infine la Reuss stessa. Gli strati si dirigono alquanto obliquamente attraverso la valle; essi sono quasi verticali, di durezza molto diversa, e formano scogliere attraverso la valle. E questi rialzi la dividono in parecchi piccoli bacini, che sbarrano l'acqua, la quale a poco a poco li intacca, lasciando vuoto, con rapidità relativa il bacino superiore. Rütimeyer rappresenta le fasi di questo

(1) Rolle, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxiii.

effetto continuo con diagrammi-sezioni della valle, che si succedono a parecchie riprese.

Nella figura 143 I, il fiume taglia attraverso la roccia. Quando il taglio è compiuto, comincia il processo di ampliamento, e dai fianchi cadono giù i detriti (fig. 143 II). A poco a poco la valle viene occupata dai detriti, attraverso i quali il fiume taglia una gola (fig. 144 III), e quando l'ha aperta, comincia di nuovo ad agire contro la roccia solida (fig. 144 IV).

In tal modo si ha una successione di taglio, d'am-

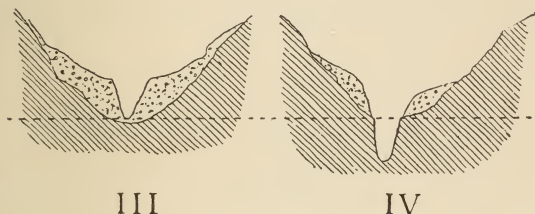



Fig. 144. Sezione attraverso la valle della Reuss.

pliamento, di riempimento, di rimozione, e quindi nuovamente di taglio.

In causa della posizione pressochè verticale delle rocce, esse presentano il medesimo carattere dalle vette più alte fino al letto del fiume, e noi siamo irresistibilmente portati alla conclusione che tutta la valle, per quanto a prima vista possa apparire incredibile, è stata tagliata dal fiume.

La Reuss Superiore è evidentemente di grande antichità. Essa è più antica delle valli laterali che vi sboccano, poichè attraversa le catene montuose che le dividono l'una dall'altra. Perciò essa deve essere anteriore a queste catene, e fornisce anche un indizio del loro lento sollevamento, poichè il fiume deve avere avuto il

tempo di inciderle mentre che si elevavano, in maniera da conservare il suo corso.

La valle mostra tracce evidenti di azione glaciale. In alcuni luoghi le rocce dure sono affatto levigate. È questo è specialmente il caso degli speroni rocciosi che, a guisa di imposte, si trovano dove i valloni laterali si aprono nella valle principale, e particolarmente sul lato di destra dei valloni orientali e su quello di sinistra degli occidentali, dove, naturalmente, la pressione del ghiaccio fu massima. Fra le meglio levigate sono le « imposte » di sinistra della valle di Göschenen, di quella di Meien, e soprattutto della Gornerenthal.

Il piccolo villaggio di Felliberg riposa sopra un rialto all'altezza di 1543 metri, che corrisponde al terrazzo menzionato, il quale da questo punto di vista si scopre distintamente sui fianchi del monte, sopra e sotto la valle principale. Alle sporgenze esso sostiene generalmente le ultime abitazioni d'inverno (Arniberg, ecc.). Ad esso pure corrispondono i valloni dell'altro lato, i quali, (ad eccezione della valle di Göschenen, per la ragione che diremo tra poco), come la valle di Felli, dopo un declivio relativamente leggiero inclinano rapidamente nella valle principale, di modo che dalla Reuss se ne vedono soltanto i ripidi sbocchi. La stessa differenza di livello fra la valle principale e le laterali si presenta pure in quella dell' Aar ed in altre simili. Rimontando la Reuss, i declivi scoscesi diventano più brevi, e da un punto di vista favorevole si può scorgere che le loro sommità formano un terrazzo comune, con una inclinazione meno ripida di quella della Reuss, di modo che guardando in giù nella valle, esso a poco a poco s'inalza sempre più sul livello del fiume; mentre d'altra parte guardando in su, esse convergono per incontrarsi alla fine ad Andermatt.

Perciò questo « terrazzo » incomincia ad Andermatt; esso si scopre, lungo la valle principale, come una linea od un rialzo sul fianco scosceso, che a poco a poco discende, quantunque non tanto rapidamente come il piano della valle stessa, e raggiunge dimensioni molto maggiori nei valloni laterali.

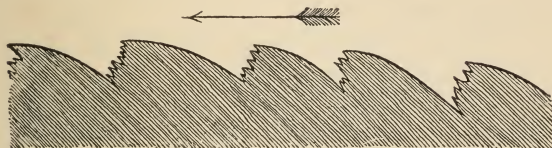



Fig. 145. Scogliere nella valle della Reuss.

È ovvio che questo terrazzo rappresenta un antico « thalweg » della Reuss con pendenza molto minore di quella che essa ha attualmente, e che i corsi d'acqua laterali non hanno ancora abbassato le loro valli al livello del fiume principale, di guisa che questi valloni aprono in alto il fianco della valle, e le loro acque raggiungono la Reuss con rapide o cascate.

Però il terrazzo di Andermatt non è il più antico od il più alto. Ad un livello di 2000 metri se ne trova un altro più antico ancora, ma pur distintamente visibile, quello, appunto, osservato la prima volta e fin da lungo tempo rappresentato da Agassiz nella sua veduta del Bromberghörner. Sopra di esso la superficie della roccia non ha traccia di azione glaciale.

Un terzo terrazzo di minore importanza si trova ad un'altezza di circa 800 metri, e Gurtnellen vi riposa su. Esso rappresenta il livello più basso toccato dal ghiaccio. Al disotto si hanno soltanto prove di azione fluviale.

Ecco quindi quattro « thalwegs », tutti provenienti dal

sud, con inclinazioni molto diverse, e la più ripida è la valle attuale della Reuss. Essi convergono tutti verso l'alto; il terrazzo di Gurtnellen raggiunge il livello presente della Reuss a Wyler, il terrazzo delle valli laterali ad Andermatt, ed il terrazzo a 2000 metri sul dorso del San Gottardo, a Monte Fibbia ed a Monte Prosa.

Naturalmente, questi terrazzi non sono continui; in molti luoghi essi furono erosi; in molti luoghi furono penetrati da torrenti laterali, ma appariscono qua e là, talvolta sopra un fianco della valle e talvolta sull'altro. Tali condizioni rivelano fasi successive nella storia della valle, cioè periodi di relativo riposo, intercalati da altri di più rapida escavazione. I due più importanti sono l'attuale corso del fiume ed il terrazzo a 1500 metri. Gli altri due rappresentano i limiti antichi dell'azione del ghiaccio; quello a 2000 metri rappresenta il più alto livello raggiunto, e quello ad 800 metri rappresenta il livello della valle, quando il ghiaccio si ritirò per l'ultima volta.

Rütimeyer procede a considerare le cause che dettero origine alle fasi di rapida azione e di relativo riposo. Sotto questo rispetto riguarda la valle di Göschenen come istruttiva in modo particolare, e conclude che i periodi di riposo rappresentano quelli di grande estensione dei ghiacciai. Questa spiegazione può applicarsi a quelli che io chiamerei i due terrazzi glaciali, ma, secondo me, non agli altri. Il terrazzo a 1500 metri rappresenta con probabilità il livello della valle in un tempo lontano, quando il fiume ebbe acquistato il suo regime, e per un lungo periodo corse a questo livello. Poscia ebbe luogo una elevazione posteriore: l'escavazione ricominciò, principiando all'estremo più basso, e progredisce tuttora; di qui la differenza fra il pendio dei terrazzi e quello della valle attuale.

La valle di Göschenen differisce dalle altre laterali, come già menzionammo, per aprirsi in quella della Reuss allo stesso livello.

Ora perchè sotto tale aspetto ciò fa differire una valle da tutte le altre? La risposta è che essa è d'un carattere diverso dalle altre. Quelle sono dovute a torrenti laterali, ma questa di Göschenen è una valle longitudinale tettonica che continua attraverso la valle della Reuss, formando la Rienthal sul lato orientale.

Il prof. Heim ha fatto un calcolo interessante sulla denudazione annuale nella valle della Reuss. Egli ritiene che la quantità di pioggia annuale nell'area di scolo di questo fiume sia di 1,070,000,000 metri cubici, e la quantità d'acqua versata dal fiume nel lago di Lucerna rappresenti un valore di 750,000,000 metri cubi. Il discarico giornaliero di sabbia viene da lui calcolato a circa 150,000 metri cubi, ai quali aggiunge un quarto per la materia finamente divisa. Tutto ciò formerebbe un carico di mille vagoni al giorno. Secondo queste cifre quindi la media rimozione, sopra ogni chilometro quadrato di superficie, sarebbe di 242 metri cubici.

Dalla quantità dei materiali rimossi, egli calcola l'età dei terrazzi nel modo che segue:

il primo o più antico	1,150,000	anni
il secondo	330,000	»
il terzo	130,000	»
il quarto	23,000	»

Dal principio dell'escavazione delle valli fino ad ora, sarebbe richiesto, come egli pensa, secondo il valore attuale dell'erosione, un periodo di 3,750,000 anni [1].

---

[1] Heim, *Mec. der Geb.* vol. i.

A Göschenen la ferrovia entra nella galleria, e tosto sopra di essa si viene alla gola di Schöllenen, che è un esempio grandioso del potere dell'acqua cadente. La strada ed il fiume raggiungono qui la loro inclinazione massima. La strada gira intorno ad una colossale piastra di granito, mentre altri grandi e numerosi frammenti pendono sopra il fiume, al Ponte del Diavolo. L'Urnerloch è forato attraverso uno scoglio, che una volta si estendeva per la valle. La gola è tanto stretta, che una valanga potrebbe bloccarla e sommergere ancora la valle di Urseren, ma, fortunatamente, ciò sembra improbabile.

Il terrazzo a 2000 metri si allarga in questo luogo, ed intercetta la maggior parte dei detriti che cadono dal Batzberg.

L'Urnerloch è una delle scene più selvagge e più impressionanti che siano nella Svizzera. Sfortunatamente negli ultimi anni esso ha perduto molto nell'interesse degli uomini, in primo luogo per la caduta del pittoresco arco dell'antico Ponte del Diavolo, caduta che forse era inevitabile; ed in secondo luogo per la costruzione delle grandi fortificazioni che turbano tristamente la grandezza della scena.

Di certo, come Forbes osservava giustamente, « non v'è nulla di così discordante con la severa grandezza e la solitudine immensa, quanto le opere militari, che frequentemente s'incontrano in molte parti delle Alpi » ([1]). Io sono, però, lontano dal biasimarne il governo svizzero, poichè la responsabilità non cade sopra di esso, ma sulle grandi potenze militari, che, continuando nella

---

([1]) *Travels through the Alps*. Quando io vi fui ultimamente, le rocce erano profanate da alcuni annunzi orribili. È da sperare, però, che questi siano soltanto temporanei.

loro politica attuale, porteranno l'Europa al fallimento ed alla rovina.

VALLE DI URSEREN (VALLE ORSERA).

Uscendo dall'Urnerloch ci troviamo in uno dei luoghi più interessanti che si abbiano. Tutto il carattere del paesaggio cangia improvvisamente. Da una gola stretta, selvaggia, a precipizio, con un fiume spumeggiante, più o meno bloccato da grandi massi di granito e di gneiss caduti dai fianchi delle superiori montagne, si viene sopra un piano ampio, tutt'altro che selvaggio, uniforme, piuttosto triste, con rocce totalmente diverse; tutta la fisonomia del paesaggio è affatto variata.

Ci troviamo, infatti, in una valle d'altro carattere, appartenente ad altro ordine di cose. Da una valle trasversale si passa in una longitudinale; si lascia una valle viva, e se ne presenta una morta. La valle di Urseren è una parte della gran piega longitudinale del Reno-Rodano, che attraversa la Svizzera dall'est all'west, sottratta, per così dire, dal Rodano per mezzo della Furka, e dal Reno mediante l'Oberalp. Geologicamente essa è una comba profonda di strati secondari (fig. 9), che formano una piega nelle rocce cristalline. La larghezza della valle di Urseren è dovuta in parte alla natura più tenera delle rocce sedimentarie. Sopra Andermatt si ha un piccolo bosco, che vi fu lasciato come mezzo di protezione contro le valanghe.

Sopra la galleria, sul lato sinistro della Reuss, e nella stessa valle del Diavolo sul fianco destro, si trova uno strato di gneiss sericitico dello spessore di 300 metri circa. Il protogino cessa all'apertura meridionale dell'Urnerloch, e per 500 metri circa è seguito da schisti

cloritici e sericitici, spesso quarzosi, verticali, che racchiudono un lembo compresso di rocce secondarie (Triasico e Giurese). La strada dell'Oberalp è sopra gneiss, ma alla terza svolta evvi un deposito di ardesia bruna, grafitica, dello spessore di 65 metri.

Nel Lias bruno-grigio, presso Hospenthal, si trovano parecchie cave che contengono Belemniti. L'*Hôtel Furka* riposa sopra strati giuresi, che si possono seguire, con una o due interruzioni, fino ad Ulrichen nella valle del Rodano.

La piega deve discendere ad una grande profondità, poichè viene incontrata e attraversata dalla galleria (fig. 93), che qui è a 300 metri dalla superficie [1].

Dall'Urnerloch ad Hospenthal le due valli si tagliano fra loro diagonalmente, e ad Hospenthal la valle trasversale lascia quella di Urseren, e monta sul San Gottardo.

E noi pure lasciamo la zona di strati sedimentari, e ci ritroviamo ancora su roccia cristallina. È raro che la larga sella del passo sia libera interamente dalla neve; essa è una confusione di ghiaccio, di neve e di roccia, quasi un pantano di granito.

SAN GOTTARDO.

Il masso centrale del San Gottardo è una catena montuosa più o meno ellittica, in cui i rialti e le sommità più eccelse si trovano molto più vicino all'estremo sud, che a quello nord. Esso è attraversato da due lunghe depressioni, delle quali una comincia dall'alta valle di Glien, e passa per il ghiacciaio Wyttenwasser al lago di

---

[1] Fritsch, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xv.

Lucendro; di qui si dirige al Fortunerthal e al lago della Sella, e, per val Torta e val Canaria, alla val Cadlimo.

La sommità è di gneiss appartenente alla varietà conosciuta col nome di Gneiss di Fibbia. Gli strati si dirigono paralleli alla valle di Urseren, ed alla sommità sono verticali.

A nord dell'ospizio lo gneiss inclina a sud, all'ospizio ed al Monte Prosa è perpendicolare, mentre a sud dell'ospizio l'inclinazione è a nord, ma l'ala sud, però, è più piccola di quella nord. Tale disposizione offre, quindi, un esempio tipico della famosa struttura a ventaglio.

Il protogino del San Gottardo, e nella composizione chimica e nella struttura microscopica, rassomiglia strettamente a quello del Massiccio dell'Aar, e, probabilmente, essi sono continui.

A Pizzo Rotondo e nei dintorni vi ha una massa di granito, che pare sia intrusiva. Evidentemente è meno antica dello gneiss, poichè contiene massi angolosi di tal roccia.

Dal San Gottardo irraggiano sei fiumi importanti: il Rodano all'west, il Reno all'est, la Reuss a nord-est, l'Aar a nord-west, il Ticino a sud-est e la Toce a sud-west, e quantunque la sommità non possieda ora la medesima irregolarità od elevazione di alcuni distretti montuosi, pure offre tutti gli altri incanti e tutto l'interesse del paesaggio alpino, e riesce importante in special modo come il punto centrale delle Alpi della Svizzera.

CAPITOLO XXIII

IL TICINO.

La valle del Ticino o Val Leventina, a sud delle Alpi, corrisponde a quella della Reuss a nord.

Sotto Airolo e fino a Bellinzona, il fiume, come la Reuss, corre in una valle trasversale, segue per la massima parte la stessa direzione, e, come essa, penetra attraverso rocce cristalline. Ha la stessa età della valle della Reuss; essa è una valle di denudazione, dovuta alla stessa pioggia ed alle medesime tempeste.

Ad Airolo il fiume attraversa una valle longitudinale che all'est si chiama val Piora, ed all'west val Bedretto; proprio come la Reuss che attraversa la valle longitudinale di Urseren, ed è raggiunta dal ruscello dell'Oberalp all'est, e dalla Reuss di Realp all'west. In ambo i casi la corrente che viene dall'west è la più considerevole. Generalmente si riguarda come Ticino Superiore quello che bagna val Bedretto, ma la continuazione diretta della val Leventina è sopra il fiume di val Tremola.

Pure, sebbene la val Leventina corrisponda per tanti rispetti alla valle della Reuss, esse presèntano grandi contrasti, e, valicata la catena, il paesaggio cambia come

per effetto magico. Le due valli sono veramente due gemelle, ma allevate in un clima differente e rivestite d'abiti diversi, secondo le parole di Rütimeyer.

La valle del Ticino, nell'arditezza dei tratti, nella grandiosità delle dimensioni e nella bellezza dei suoi colori, non è certo a nessuna seconda in tutte le Alpi.

Dalla quantità di neve che cade nell'alta valle, dalla frequenza delle valanghe e dal carattere della roccia, gli effetti della denudazione si scorgono qui sovra una scala che non può essere sorpassata, ed è difficilmente eguagliata altrove.

Sotto Airolo la valle si divide in successivi tratti separati l'uno dall'altro da gole strette, che corrispondono alle sezioni già descritte nella valle a nord: (1) il breve tratto fra Airolo e Stalvedro, che in realtà forma parte di val Bedretto, corrisponde alla valle di Urseren sul fianco nord delle montagne: la gola a Stalvedro è dovuta ad una catena di gneiss; (2) la sezione da Stalvedro a Dazio Grande; (3) quella dal Monte Piottino a Calonico, e (4) la larga valle fluviale che può ancora dividersi in sezioni da Chironico a Biasca, da Biasca a Bellinzona, e da Bellinzona al Lago Maggiore.

I terrazzi di fiume (fig. 146), o, ad ogni modo, parecchi di essi, sono ben distinti in val Leventina; talvolta in piccoli pezzi distaccati, tal altra più estesi, e resi più manifesti dal bianco campanile delle chiese, nel mezzo dei villaggi di montagna.

Tuttavia, in molti luoghi, i terrazzi sono scomparsi, ed i fianchi della valle sono così inclinati, che quelli tuttora rimasti sono ben lungi dall'essere sicuri. La valle è stata teatro di molte catastrofi, prodotte da porzioni di tali terrazzi che sono interamente scivolati giù.

Il terrazzo meglio conservato è quello che corrisponde al livello di val Bedretto. Esso diverge dal li-

vello della valle attuale a Madrano, e sostiene pure i villaggi di Altanca (1392 m.), di Ronco (1373 m.), di Deggio (1214 m.) e di Catto (1244 m.). Corrisponde al

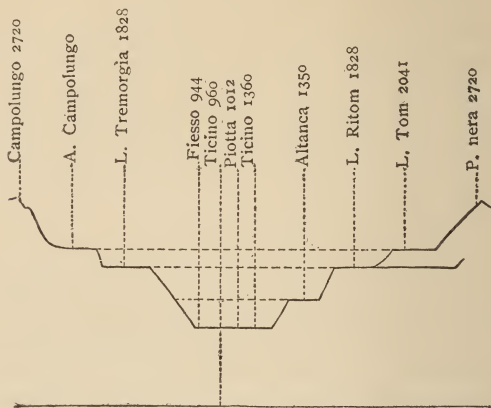



Fig. 146. Sezione attraverso la valle del Ticino.
A sinistra da Fiesso a Campolongo; a destra da Piotta a P. Nera.

terrazzo di Andermatt sulla Reuss. A dispetto della distruttiva azione glaciale, esso può scoprirsi intorno a Monte Piottino, e sotto questo monte forma ancora un ampio terrazzo, visibile anche su piccole carte, come quello sul quale son posti i villaggi di Osco (1164 m.), Mairengo (923), Primadengo (975), Rossura (1056), Calonico (987), Cavagnano (1021), e Sobrio (1095). Calonico è celebre perchè fu il luogo della terribile catastrofe del 28 Settembre 1868. Da Altanca a Sobrio questo terrazzo si abbassa di 300 metri, mentre la valle presente discende di 900 metri. Perciò, anche qui, le figure corrispondono strettamente a quelle del terrazzo di Andermatt nella valle della Reuss.

Il terrazzo, sebbene non molto continuo, può essere

ancora rintracciato sul fianco destro della valle, dove sostiene il piccolo villaggio di Nante e l'Alpe di Ravina, Prato, ecc., fino a Chironico.

Sopra questo terrazzo ve ne ha un altro più alto (fig. 146), specialmente distinto a sud di Monte Piottino. Esso non sostiene nè chiese, nè villaggi, ma alcune abitazioni d'inverno, come Ternolgio (1590), Molare (1500), Matengo, ecc.

Ancora più in alto si trova il limite superiore dell'azione del ghiacciaio, che, però, è visibile soltanto su qualcuno dei picchi più elevati sul fianco destro della valle, mentre il versante sinistro si mantiene inferiore ad esso livello.

Come nella valle di Uri, anche qui è possibile rintracciare il livello più basso del ghiacciaio. Esso è chiaramente segnato all'aprirsi della gola di Dazio, e al di sotto vi è la stretta scanalatura prodotta dall'azione del fiume.

Presentemente a Monte Piottino il taglio non è ancora sufficientemente progredito da mettere il fiume in grado di agire pienamente sulla porzione a monte della valle. D'altra parte, la stessa causa ha accresciuta l'inclinazione e quindi il potere erosivo dell'acqua nel tratto inferiore, ed in conseguenza la posizione di Biasca è probabilmente alquanto più bassa di quel che altrimenti sarebbe stato il caso.

A Chironico si ripetono le stesse condizioni, e si può prevedere un tempo in cui l'abbassamento di questo rialto vuoterà il bacino di Faido, approfondirà la gola a Dazio, ed influirà anche su val Bedretto.

A breve distanza, sopra Biasca, nel 1512 ebbe luogo una frana enorme, che chiuse l'imboccatura della valle di Blegno, e dalla ferrovia se ne vede distintamente la grande cicatrice sulla montagna.

I seguenti profili che danno sezioni della valle, rappresentano le successive fasi della sua storia; la parte II

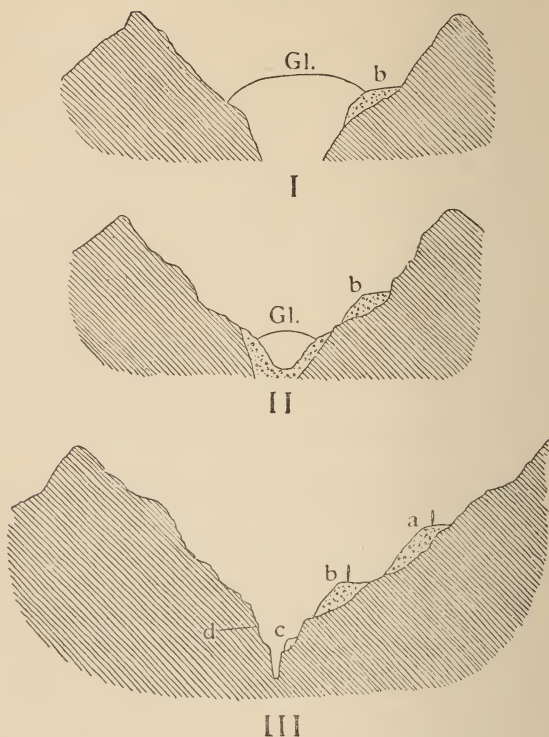



Fig. 147. Sezioni attraverso la valle del Ticino.
I Bedretto, II Piotta, III Faido.
La linea *Gl.* rappresenta l'antico ghiacciaio; *a* è il terrazzo di Molare (1500 m.); *b* quello di Altanca ad Osco (1160 m.); *c* è il principio d'un nuovo terrazzo; *d* è la linea più bassa dell'antico ghiacciaio.

è passata attraverso lo stadio I, la parte III attraverso i due precedenti.

Sotto Chironico il fiume cessa di scavare, ed ora va

colmando la valle. Nondimeno, un bell'indizio della sua antica azione rimane ancora nelle concave e lisciate superficie di roccia, a 45 metri circa sopra il livello attuale dell'acqua, presso il secondo ponte sul quale la vecchia strada passava sopra il fiume. Si possono facilmente distinguere tali superficie da quelle levigate più completamente, ma convesse, e caratteristiche dell'azione del ghiaccio. Esse si vedono molto bene a livelli più alti, e pochi avanzi dell'azione glaciale sono tanto imponenti quanto nella valle del Ticino. Come nella Reuss, le « imposte » delle valli laterali, come per esempio ad Osogna, a Cresciano, a Lodrino od a Moleno, sono fortemente levigate. È evidente il fatto di trovare queste prove manifeste dell'azione di antico ghiacciaio non solo fra i castagni di Osogna, ma ancora più lontano, giù nella valle, fra i vigneti di Bellinzona, e fra i boschetti di cipressi, d'olivi e d'aranci, a Locarno.

E ciò fa pensare ad altri tratti, che producono grandi differenze nell'aspetto generale delle valli della Reuss e del Ticino.

Nella prima, dense foreste d'abeti che a poco a poco fanno posto a faggi e ad avena, e quindi si mescolano a castagni ed a frumento; nella seconda, dai castagni e dal frumento, quindi dalle viti su graticci di legno, sostenuti da pilastri di gneiss e di granito, si passa sempre più alla lussureggiante vegetazione del sud. Questo modo di coltivazione della vite ne favorisce il prodotto, ed il terreno non ne rimane esaurito, come nel caso in cui le viti sono appoggiate agli alberi. Inoltre, lo gneiss, quantunque bianco se fratturato di recente, presto assume una calda tinta bruna, e l'azione del tempo lo arrotonda in forme simili a torri. Anche le case assumono sempre più il caratteristico stile architettonico italiano, così diverso da quello degli « châlets » svizzeri.

Il Canton Ticino, come anche tutto il distretto a sud delle Alpi, da Domodossola a Chiavenna, consta soprattutto di rocce cristalline, generalmente gneiss, più o meno ripidamente inclinate e piegate, e richiede molti ulteriori studi.

Le rocce secondarie furono quasi interamente rimosse dalla denudazione [1], ma la loro antica esistenza non può esser messa in dubbio, avendosene tuttora avanzi, sebbene tanto alterati da riconoscerli con difficoltà, *pizzicati*, per così dire, in alcune delle pieghe più profonde. Tuttavia, malgrado la pressione subìta, esse si distruggono più facilmente delle rocce cristalline, e spesso dànno origine a valli, come, ad esempio, il solco che forma val Bedretto e, attraversando il Ticino, val Piora; ovvero la valle di Rheinwald, a Spluga [2].

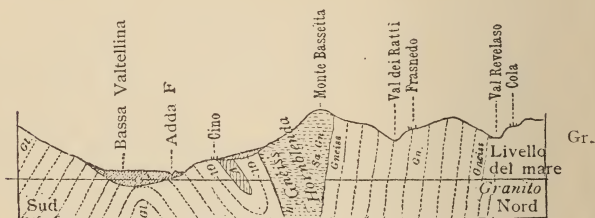



Fig. 148. Profilo attraverso la Bassa Valtellina, a Lola presso Novate. *Gl*, Schisti e rocce micacee; *V*, Verrucano; *Gn*, Gneiss; *Gr*, Granito.

Una delle più importanti fra queste pieghe dà luogo alla valle del Ticino da Locarno a Bellinzona, dove essa si biforca: un ramo forma la val Bregaglia, e l'altro la bassa Valtellina.

---

[1] Rolle, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. xxiii.
[2] Studer, *Geol. d. Schweiz*, vol. i.

Veramente, sembra che la bassa Valtellina sia attualmente (fig. 148) una valle anticlinale, ma, se con la nostra immaginazione rimontiamo ad un tempo in cui la denudazione non era così avanzata, si rende manifesto che una volta la valle presente seguiva la via della sinclinale inclinata di Cino. Ciò è pure illustrato dalla figura 57 (*ante*, pag. 161).

Presentemente una cintura di strati sedimentari, ma molto alterati, può essere seguita lungo tutta la via da Craveggia in Piemonte, per Gravedona, fino a Cercino in Valtellina.

Alcuni dei laghi minori in queste regioni, come ad esempio quelli di Cadagno e di Tremorgia, sono « Meres » o laghi di sprofondamento, simili a quelli del Cheshire.

Il Massiccio del Ticino è attraversato presentemente da una serie di valli ampie e profonde che, come la Leventina, corrono da nord a sud. Esse devono la loro origine all'inclinazione primitiva del terreno, e devono essere di grande età, rimontando probabilmente oltre nel periodo terziario.

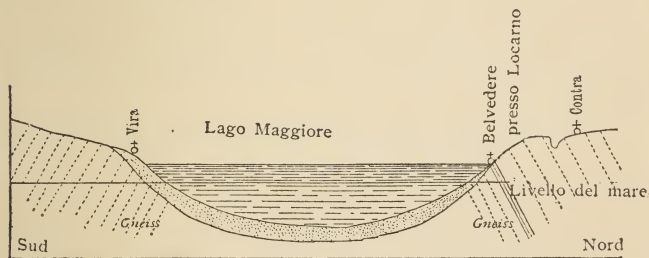



Fig. 149. Profilo attraverso il Lago Maggiore, in val Verzasca.

Parecchi dei laghi italiani discendono sotto il livello del mare. Il Lago Maggiore è notevole per la sua enorme

profondità, non minore di 655 metri [1]. Per la massima parte esso è una valle trasversale, ed agli estremi nord e sud la struttura geologica dei due lati si corrisponde. La sponda occidentale fra Arona e Baveno consta principalmente di schisti cristallini, mentre l'orientale presenta tutta la serie degli strati subalpini, dal Cretaceo al Verrucano.

La pianura del Po è probabilmente dovuta a depressione. Essa è la porzione più bassa della gran piega, di cui le Alpi formano l'arco superiore, e deve discendere molto sotto il livello del mare.

I depositi d'alluvione sono di profondità grande, ma ignota; a Milano fu scavato un pozzo fino alla profondità di 162 metri, senza che se ne toccasse il fondo [2], nè si sa sovra quali strati riposi l'alluvione. I laghi, perciò, possono essere paragonati ai fiordi di Norvegia e di Scozia; essi rappresentano antiche valli di fiume, che si sono abbassate di molto sotto il livello del mare.

È probabile che la pianura lombarda fosse un braccio del mare durante una parte dell'epoca glaciale, giacchè difficilmente, si può spiegare il modo secondo cui i depositi glaciali sono stati sparsi uniformemente, se non si ricorre all' azione marina. La collina di Superga, presso Torino, risulta di Miocene, piegato in un'anticlinale [3].

La figura 150 offre una sezione attraverso i Massicci

---

[1] V. *Nota*, pag. 177. Per quanto riguarda la stratigrafia e la orogenesi della regione del Lago Maggiore e del lago d'Orta, il lettore può trovare più precise notizie negli scritti del Taramelli, del Parona e dell'Agostini. (*N. d. T.*)

[2] Penck, *Morph. der Erdoberfläche*, vol. ii.

[3] Penck, *Morph. der Erdoberfläche*, vol. ii.

Fig. 150. Profilo ideale dal Seegebirge, attraverso i Massicci del Ticino e della Bernina, al Massiccio del Liro.

del Ticino e della Bernina, dal Weissberg a nord, sino a Dubino a sud.

Il lago di Lugano deve la sua forma complessa al fatto, che esso consta di due valli longitudinali, e di due valli trasversali, sbarrate da morene.

Il Lago d'Orta è degno di nota poichè differisce in special modo dagli altri laghi italiani. Invece di avere lo sbocco a sud, secondo la via naturale dell'area di scolo, presenta a nord il deflusso delle acque. Tal fatto è originato da una morena, che ne chiude l'estremo meridionale.

CAPITOLO XXIV

L'ENGADINA.

L'Engadina o valle dell'Inn, dal Maloia quasi fino a Kufstein, è una valle geotettonica. La porzione superiore può essere continuata per Val Bregaglia, dalle vicinanze di Roveredo fino a Bellinzona, per il Ticino sino a Locarno e se ne possono trovar tracce nel lontano Piemonte.

Per la massima parte l'Engadina Superiore è un distretto di gneiss, rivestito di schisti cristallini, interrotto qua e là da granito, e con lembi di rocce sedimentarie. Queste, sebbene tanto alterate dal calore e dalla pressione da essere quasi irriconoscibili, pure rivelano che una volta l'intero distretto fu coperto da strati fossiliferi.

Il granito occupa un distretto considerevole fra Bevers e Piz d'Err (la Val Bevers è tagliata nel granito); esso si stende sui due lati della strada del Julier, dal Passo del Julier fin giù a Silvaplana; copre un gran tratto a sud di Pontresina, e forma anche il Massiccio del Monte della Disgrazia.

LA BERNINA.

La Bernina non è un masso centrale relativamente semplice come quello del Monte Bianco, dove si trova

un nucleo cristallino compatto con una ben distinta struttura a ventaglio. Essa è piuttosto una massa complessa di gibbosità semidistaccate, che per lungo tempo si supposero constare interamente di rocce cristalline; ma uno studio più completo ha rivelato che queste costituiscono soltanto un mantello che copre una massa centrale di origine plutonica, anch'essa, una volta, ricoperta da depositi sedimentari.

Si può delineare la così detta struttura a ventaglio, ma non è ben distinta ([1]).

Lo stesso Passo della Bernina ha lungamente attirato l'attenzione in quanto non ha un vero versante. La sommità piatta è occupata da quattro piccoli laghi, ad un'altezza di 2220 metri, dal più elevato dei quali l'acqua trabocca spesso, in tempo piovoso, ai due estremi, verso nord nell'Inn e per conseguenza al Mar Nero, e verso sud nella Poschiavina e quindi all'Adriatico.

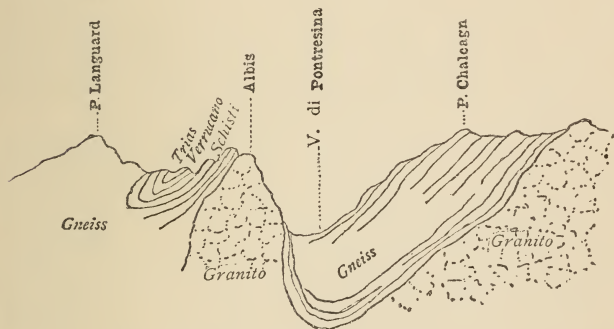



Fig. 151. Sezione attraverso la valle Pontresina.

La valle di Pontresina, secondo Theobald, è una sinclinale (fig. 151) fra due masse di granito e di sienite.

([1]) THEOBALD, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. iii.

L'Inn è un fiume rimasto privo della sua sorgente primitiva. In molti casi, rimontando un fiume sino alle sue origini, noi troviamo che la valle diventa sempre più stretta e meno profonda, finchè si arriva o ad un semplice ruscello sul fianco d'una collina, o ad una sorgente che si produce in una comba pure sul fianco d'una collina, e da ultimo ad un rialto che forma lo spartiacque. L'Alta Engadina costituisce una notevole eccezione. Se guardiamo in su da Celerina verso il Maloia, ci sovrasta una valle ampia che parrebbe accennare ad un gran fiume, la cui sorgente si trovasse lontana delle miglia. Invece abbiamo una serie di laghi attraversati da una piccola corrente, ed arrivati al Maloia la valle principale, tuttora larga e profonda, finisce improvvisamente, e ci troviamo sull'orlo di una ripida discesa, in Val Bregaglia. L'Engadina è infatti una valle troncata; la così detta sorgente dell'Inn è, in realtà, semplicemente uno dei tributari dell'antico fiume principale, e sopra il lago di Sils non vi è più l'Inn per esserne state troncate le origini. Nè soltanto il fiume principale è scomparso, ma parecchie delle antiche correnti tributarie sono state trasportate in Italia.

« Se — dice il prof. Heim — (all'Heim ed al prof. Bonney è dovuta principalmente la nostra conoscenza di tali fatti), immaginiamo la valle verso sud del Maloia occupata da una nuvola, e al di sopra di questa guardiamo le altezze rimaste libere, scorgeremo una serie di valli; Val Marozzo, Val Albigna, — così detta per la bianchezza dell'acqua, — Val Muretto, ecc., che convergono tutte verso l'Inn, del quale apparentemente furono senza dubbio tributarie. Ma sollevandosi la nuvola, con nostra sorpresa notiamo che esse si aprono sul lato meridionale del versante, e piegano bruscamente in Val Bregaglia ».

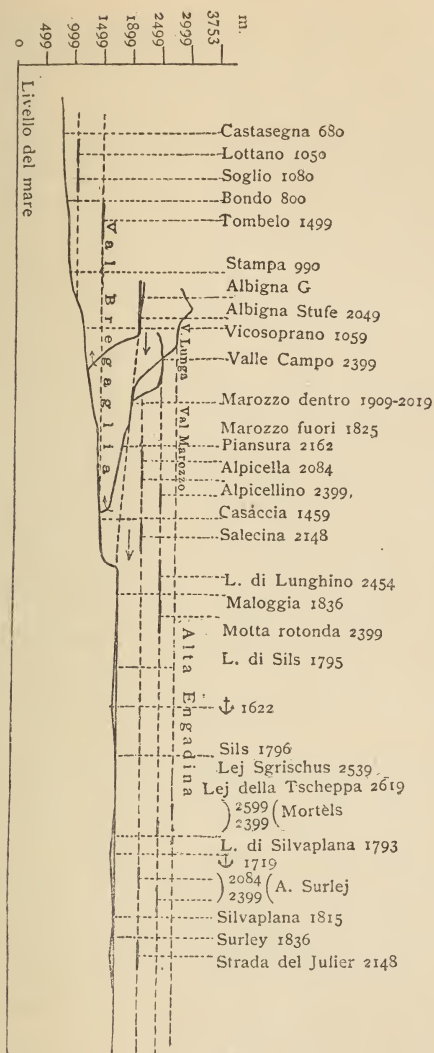



Fig. 152. Profilo della val Bregaglia e della valle dell'Inn Superiore.

Essendo la pendenza di Val Bregaglia molto più ripida di quella dell'Inn (fig. 152), il fiume Maira, per effetto dell'erosione, ha retroceduto a poco a poco, e si è appropriato sempre più del territorio, che in origine apparteneva all'Inn. Le acque di Val Marozzo, ora chiamata la Maira Superiore, e di Val Albigna erano tributarie dell'antico Inn Superiore, ma sono state trascinate in Italia dalla Maira vittoriosa. Perciò al Maloia, fin dal suo principio, l'Alta Engadina è una valle larga, perchè rappresenta parte del corso di un fiume che ha perduto le sue scaturigini.

Quantunque la prova non sia tanto evidente, un simile stato di cose si trova sul Lukmanier, sul San Gottardo, sul Cenisio e sul maggior numero dei grandi passi alpini, e si può dire con qualche sicurezza che il versante tra la Svizzera e l'Italia fu una volta più lontano a sud, ed a poco a poco, molto lentamente, si è ritirato verso il nord. Inoltre, come già menzionammo, i depositi di Nagelflue (Miocene) della grande pianura svizzera fra le Alpi e il Giura contengono molti ciottoli che devono essere venuti dalle alte catene montuose a sud del versante attuale, poichè sono di rocce che non si trovano in Svizzera, ma s'incontrano nelle valli d' Italia.

Il cangiamento ebbe un altro risultato, quello cioè della formazione della catena dei laghi di St. Moritz, di Campfer, di Silvaplana e di Sils, che caratterizzano l'Alta Engadina. Sotto l'antico « regime », il flusso d'acqua, giù per la valle principale, era sufficiente a trasportare via i materiali trascinati dai tributari laterali, ma, dopo che le acque principali vennero spinte in Italia, da lungo tempo il caso è diverso; le correnti laterali hanno inalzato barriere attraverso la valle, dando luogo in tal modo alla catena dei laghi.

Probabilmente il lago di Davos è dovuto ad una causa simile, essendo state le antiche acque principali della Landwasser catturate dalla Landquart (v. *ante*, pag. 168).

La Val Bregaglia e l'Alta Engadina costituiscono, come già ricordammo, una gran valle-comba.

La metà occidentale del lago di Sils e i due fianchi della Val Bregaglia fino a Nasarina risultano di talco-schisti, molto contorti. Isola è posta sopra un cono di fiume, formato dalla corrente di val Fedoz. Il promontorio che sta di fronte ad Isola è un rialto di Trias, che corre in direzione sud-west al Piz Lunghino. Al di là, a nord, si trova serpentino; a nord-est del lago, mica-schisto, sopra cui si estende il granito dal Piz Lungen al Piz Munteratsch, e attraverso i quali passa la strada del Julier. Questo granito consta di ortoclasia bianca o rosea, di oligoclasia verde, di quarzo bianco o grigio, di manganese bruno e di mica, ed i grani sono di media grandezza. A motivo delle sue tinte è una delle rocce più belle che siano nelle Alpi. Attraversa la valle ed arriva a Pontresina. Le valli di Roseg e di Morteratsch sono scavate nel granito, che forma pure una gran parte delle montagne della Bernina, quantunque la sommità attuale risulti di sienite-diorite (1).

Senza dubbio il lago di Silvaplana era una volta continuo con quello di Sils. Il piano, su cui si trova Sils, è un terreno d'alluvione portato giù dalla corrente di val Fex. Sul lato sinistro, si hanno strati triasici che rappresentano la continuazione di quelli già menzionati, ed oltre, sulla sinistra del lago, si ha serpentino. Sulle due sponde del lago di Campfer si trova granito, ed all'estremo inferiore schisti di Casanna.

---

(1) THEOBALD, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. iii.

La fig. 153 mostra che la valle dell'Inn Superiore è una sinclinale, come fu già detto.

Fig. 153. Sezione attraverso la valle dell'Inn, da P. Julier a P. Surlei.

Quando dal granito del Julier passiamo a quello di Pontresina e del Rosatsch, si potrebbe dapprima supporre che le due sponde dell'Inn fossero in rapporto diretto, ma non è così: dal Maloia a Scanfs, l'Inn corre in un solco di rocce schistose, che separano il Julier dai posti avanzati della Bernina. Essi risultano principalmente di schisti di Casanna.

Il lago di St. Moritz ha sienite all'west, gneiss a nord e micaschito al sud. A Celerina si viene sull'ampia distesa dell'Inn Superiore che arriva a Scanfs. A Bevers si apre la valle selvaggia di tal nome, tutta scavata nel granito, con pascoli eccellenti e flora molto ricca, ma disabitata nell'inverno. È quasi inaccessibile, eccetto che all'ingresso, e le montagne circostanti sono ripidissime.

Durante l'epoca glaciale, il gran ghiacciaio prove-

niente da Pontresina sbarrava probabilmente la valle principale ad un'altezza così grande, che, quelli provenienti dall'Alpe Julier, da val Fex, da val Fedoz, ecc., furono un tempo spinti sopra il Maloia e giù in val Bregaglia. Presso Celerina si trova una massa rocciosa (su cui è fabbricata la chiesa di San Giano) lunga un quarto di miglio, larga un ottavo ed alta 45 metri, arrotondata all'estremo superiore, e tagliata a precipizio a nord-est, verso la valle sottoposta. Essa indica che il decorso del ghiaccio era nella direzione dell'Inn. D'altra parte, a Maria Sils un' identica massa rocciosa, con il pendio verso nord-est ed il lato a precipizio verso sud-west, indica che il decorso del ghiaccio fu nella direzione opposta. Perciò il punto di divergenza dei due ghiacciai dev'essere stato in qualche luogo presso Campfer. Proprio di fronte al Grand Hôtel Maloia si scorgono begli esempi di « roches moutonnées », di gneiss.

Il ghiacciaio giungeva all'altezza di oltre 2440 metri sul livello del mare; sotto tal limite le rocce sono arrotondate e liscie, mentre più in alto sono scabre e dentellate ([1]).

A Cinusckel il fiume diverge alquanto a nord della linea delle rocce sedimentarie, costeggiandole sulla sinistra, e, per qualche tratto, ha rocce cristalline sovra le due sponde. Non è manifesta la ragione di ciò, ma bisogna ricordare che la denudazione è stata immensa, e che la deviazione è probabilmente dovuta a qualche causa in rapporto con gli strati rimossi. Ad ogni modo, da Cinusckel a Guarda gli strati sedimentari sono stati rimossi interamente sui due lati del fiume, che corre sopra rocce cristalline.

([1]) Theobald, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. iii.

A Zernetz, il gran dosso cristallino del Monte Baselglia obbliga il fiume a fare una larga curva, per riprendere dopo la direzione precedente. Sul fianco west del monte le correnti laterali raggiungono l'Inn quasi a somiglianza dei raggi d'una ruota su qualche mozzo gigantesco — la Ova Sparsa, la Sursura, la Susasca, il Sagliano, il Lavinuoz e il Tuoi. D'altra parte, l'asse primitivo della valle, come indicano gli strati, diventa più diritto a sud-est della montagna.

La montagna stessa consta di gneiss e di schisti cristallini, principalmente Horneblenda. Nel centro del dosso le divisioni quasi simili a strati, sono perpendicolari, con fessure molto profonde.

Il piccolo « plateau » di Ardez è una delle parti più interessanti della Bassa Engadina. La base ne è di granito somigliante a quello del Julier, ed in molti punti viene alla superficie. Spesso è levigato, senza dubbio, dall'azione glaciale.

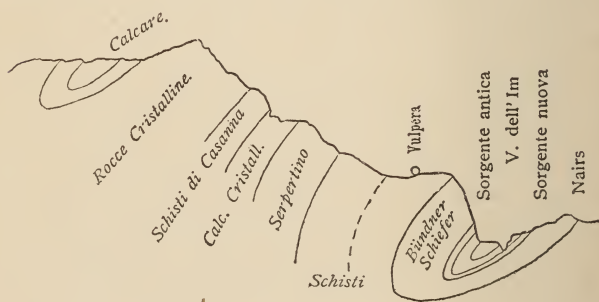



Fig. 154. Sezione attraverso la valle dell'Inn, a Tarasp.

La fig. 154, che rappresenta una sezione della valle dell'Inn a Tarasp, mostra che gli strati sono rovesciati

in pieghe compresse, ed il fiume corre in un solco sinclinale ([1]).

Da Ardez a Remus il fiume corre fra Lias a sinistra e (Haupt-Dolomite) Trias a destra, lungo una linea di disturbo, attraverso la quale vengono alla superficie granito, gneiss, serpentino ed altre rocce plutoniche.

Le rocce liasiche di questo distretto sono foggiate in ondulazioni, la principale delle quali è la profonda depressione che, dopo tutto, ha determinato il corso dell'Inn, ed ha pure dato origine alle sorgenti minerali di Tarasp e di Schuls. Queste son forse dovute a fratture lungo l'asse della valle. La temperatura dell'acqua non è nè calda nè costante, la qual cosa indica che non viene da profondità molto grande.

Un po' sotto Remus e fino a Prütz, sulle due sponde del fiume si hanno rocce liasiche, che sotto Martinsbruck passano ad argilloschisti, attraverso i quali è tagliata la magnifica gola di Finstermünz, profonda 1000 metri.

Parlando del basso corso dell'Inn sotto Landeck, Bonney dice: « Il corso dell'Inn, da Landeck fin sotto Jenback, è un esempio stupendo d'una valle di direzione. Il fiume corre press'a poco da west ad est per 50 intere miglia, limitato a sud dalla catena centrale di roccia cristallina, a nord dai soprastanti calcari e « shales » ([2]) della serie secondaria. Dalla prima esso riceve lo scolo di molte considerevoli valli laterali, e dagli ultimi lo scolo di diversi valloni. L'unione dei due grandi gruppi rocciosi, forniti d'un potere di resistenza tanto diverso,

---

([1]) Theobald, *Beitr. z. Geol. K. d. Schw.* L. ii.

([2]) Vedi *Nota* ([2]), pag. 46. Cap. *Origine delle montagne.* (*N. d. T.*)

ha evidentemente determinato la direzione iniziale della valle, che si allarga a mano a mano che il fiume da un'altezza di 840 metri discende a quella di 520 circa » [1].

---

[1] 109. BONNEY'S, « Growth and Sculpture of the Alps » in *Tyndall Lectures*, Roy. Inst, 1888.

CAPITOLO XXV

SOMMARIO GENERALE.

Nei capitoli precedenti io ho procurato di delineare le cause che hanno condotto al presente paesaggio della Svizzera.

Probabilmente, nei tempi del Carbonifero, vi furono montagne dove ora si elevano le Alpi, ma tale antica catena a poco a poco fu rimossa dalla denudazione; d'altra parte il paese s'abbassò, e durante i periodi Permiano, Liasico, Giurese e Cretaceo si ebbe un mare profondo dove ora sorgono le Alpi. Al certo vi furono grandi cangiamenti di livello, ma essi furono press'a poco gli stessi per tutta l'area, e non si ebbe nè compressione, nè piegamento.

Che il mare durante questo periodo abbia coperto il luogo delle Alpi presenti, è provato dal fatto che non si trova nessuna traccia delle sue coste meridionali, nè di depositi litorali. Se le Alpi fossero allora esistite, dovrebbero trovarsi nelle rocce Liasiche, Giuresi e Cretacee dei ciottoli, ecc., provenienti da esse. Ma non è questo il caso: queste rocce non contengono ciottoli di nessuna specie, ed i loro fossili accennano ad acqua profonda ed a qualche distanza dalla terra. Tra il Permiano e l'Eocene Superiore non si hanno conglomerati, nè

letti di ghiaia. Di più, avanzi di strati secondari si rinvengono conservati nelle depressioni delle pieghe. Perciò, questi depositi sedimentari si estendevano interamente sopra il luogo delle montagne attuali, e se ora nelle Alpi Centrali non si presentano estesi avanzi di questi strati, ciò si deve al fatto che esse ne furono interamente spogliate.

L'elevazione del paese fu originata non da un sollevamento dal basso, ma dalla pressione laterale, prodotta dal raffreddamento e quindi dalla contrazione della terra. Si è calcolato che gli strati fra Basilea e Milano — una distanza di 130 miglia — ne occuperebbero 200, qualora fossero distesi orizzontalmente. Per conseguenza, ha avuto luogo un raccorciamento non minore di 70 miglia.

Per qualche tempo, soltanto le catene montuose centrali furono sopra l'acqua, ed i torrenti montani trasportavano ghiaia e massi di roccia, formando il Nagelflue del Rigi e della Pianura Centrale.

Le Alpi, perciò, da un punto di vista geologico sono molto recenti. Le nostre colline di Welsh, quantunque insignificanti al paragone, sono molto più antiche. Esse furono montagne per secoli e secoli, prima che i materiali, che ora compongono il Rigi ed il Pilatus, fossero depositati al fondo del mare. In verità, si può dire che in causa della loro antichità esse sono molto consumate: le Alpi stesse si sminuzzano e sono spazzate via; e, se non ha luogo una nuova elevazione, verrà tempo in cui non saranno più alte dello Snowdon o dell'Helvellyn.

Esse hanno già subìto una denudazione potente, ed è stato già riferito che dalla sommità del Monte Bianco furono rimossi circa 3000 o 3600 metri di strati. I conglomerati della Svizzera Centrale, le ghiaie e le sabbie del Reno e del Rodano, del Danubio e del Po, i piani

della Dobrudscha, della Lombardia, della Francia meridionale, del Belgio, dell'Olanda, formavano una volta le sommità delle montagne svizzere. Un tale risultato della denudazione ci dà, non dirò una misura, ma, ad ogni modo, una viva idea del tempo immenso che deve essere trascorso, fin da quando le Alpi si elevarono dal mare.

La denudazione cominciò non sì tosto che la terra sorse sopra il mare, e furono scavate le valli principali dei fiumi. Qnindi venne un periodo di freddo, conosciuto col nome di Epoca glaciale o Periodo glaciale.

Intorno a tutte le alte montagne e sopra molte di esse, ci sono grandi campi di neve e di ghiaccio, che finiscono in ghiacciai. Però, questi rappresentano gli avanzi di un mare di ghiaccio molto più grande che copriva quasi tutto il paese. Il ghiacciaio del Rodano, ad esempio, discendeva nel Vallese, riempiva il lago di Ginevra, si elevava, come ora, ad un'altezza di 1350 metri sul mare sopra il Giura, e quindi, biforcandosi, mandava un ramo fino a Lione, ed un altro, lungo l'Aar, fino a Waldshut. Tuttavia, il periodo glaciale non fu continuo, ma fu interrotto almeno da due periodi di clima più « geniale ». La quantità dei materiali portati giù dalle montagne in parte riempiva le valli dei fiumi (che non ancora sono state del tutto riescavate), in parte formava grandi morene, e si spargeva in masse profonde, ma irregolari, sopra tutto il terreno più basso.

I fiumi della Svizzera corrono principalmente in una o due direzioni: la prima da sud-west a nord-est, o viceversa, seguendo la direzione e le pieghe primitive degli strati, e la seconda ad angoli retti con essa. Molti (o meglio la maggior parte) dei fiumi principali prendono l'una e poscia l'altra direzione in parti differenti del loro corso. In alcuni casi, i fiumi attraversano catene

di monti, come, ad esempio, il Rodano fra Martigny e il lago di Ginevra. Ciò indica, probabilmente, che il fiume è più vecchio della catena montuosa, e l'attraversò quando essa si elevava.

Nondimeno, il sistema fluviale della Svizzera fu in principio molto differente dall'attuale. I Vosgi e la Foresta Nera erano continui, poichè non era ancora avvenuta la depressione che ora li separa, di guisa che non esisteva la valle del Reno a Basilea.

Nè erano ancora formate le gole per le quali il Rodano trova il suo sbocco attraverso il Vuache, e per conseguenza l'intera area di scolo della Svizzera a nord delle Alpi, per il Danubio, trovava la sua via al Mar Nero. Vi è ragione per credere che, per qualche tempo, dopo che ebbe luogo la depressione della valle a Basilea, le acque superiori del Rodano raggiungessero ancora il Reno e corressero per le pianure della Germania al Mare del Nord; infine esso ruppe la sua via per il Fort de l'Écluse, e, sboccando nella Saona, corse al Mediterraneo. Un altro cangiamento generale nel sistema fluviale è dovuto al fatto che il crinale delle Alpi si è ritirato verso nord. Essendo il declivio meridionale molto più ripido di quello settentrionale, i fiumi italiani hanno un potere di erosione maggiore di quello dei loro rivali del nord, e a poco a poco vanno retrocedendo. L'Alta Engadina ne è un esempio magnifico.

Molti cangiamenti minori avvennero: (1) in parte in causa di frequenti cangiamenti di livello, come, ad esempio, quello che ha deviato la Reuss dalla sua direzione antica per il lago di Zug, facendola girare per Lucerna; (2) in parte per opera dei fiumi rivali che approfondirono ed estesero le loro valli, annettendosi in tal modo dei territori che precedentemente appartenevano ad altri; ad esempio, la Landquart ha privato la Landwasser

delle sue acque principali e allontanato la Schlappina, la Vereina e la Sardasca; (3) in parte per gli ostacoli opposti da coni fluviali o da morene glaciali, come, ad esempio, la Limmat che fu tolta alla valle di Glatt e la Sihl alla valle del lago di Zurigo.

I laghi che contribuiscono tanto alla bellezza del paese, si dividono in parecchie categorie diverse.

1. Alcuni sono dovuti ad ineguaglianze nei depositi glaciali; ad esempio, i numerosi e piccoli specchi d'acqua nel curioso distretto del Pays des Dombes ([1]).

2. Altri sono dovuti a sprofondamento, venendo disciolti o rimossi degli strati — in generale, quelli di gesso o di sale ([2]) —; ad esempio, i laghi di Cadagno e di Tremorgia.

3. Altri sono sbarrati da coni di fiumi, come i laghi dell'Alta Engadina; ovvero da morene, come i laghi di Sempach, di Baldegg e di Hallwyl.

4. Molto discussa è stata l'origine dei maggiori laghi svizzeri, ma l'opinione che ora prevale fra i geologi della Svizzera, è che essi sieno principalmente dovuti a recenti cangiamenti di livello, e sieno infatti valli di fiume sommerse.

Ancora più sorprendente della squisita bellezza dei laghi è la grandiosità della storia che essi rivelano, e delle cause dalle quali derivarono. Ed invero, contemplando il paesaggio generale della Svizzera, non si può

([1]) Questo distretto è situato fra il Rodano, l'Ain e la Saona, a S. W. della Bressa. È coperto di stagni, in gran parte prosciugati dopo il 1853, che ne fanno un luogo malsano. (*N. d. T.*)

([2]) In Italia, i laghi di Esine in Valcamonica sono dovuti a sprofondamenti alluviali in regioni gessifere. *I laghetti di Esine*, « Boll. d. Cl. Alp. It. » 1892. (*N. d. T.*)

che rimanere profondamente impressionati dalla grande importanza dei cangiamenti, e dalla potenza delle forze che furono messe in azione.

Quelle forze hanno influito sulla configurazione generale della superficie della terra. Spesso è stata rivolta l'attenzione al fatto che molte grandi masse di terra terminano a punta verso il sud: America meridionale, Africa, India, ecc.

Inoltre, molte delle penisole finiscono con un'isola o con un gruppo di isole, come l'America del sud che ha il gruppo della Terra del Fuoco; l'India che ha Ceylon; Malacca con Sumatra e Borneo; l'Australia meridionale con la Tasmania o la Terra di Van Diemen; una catena di isole corre dall'estremo della penisola di Alaska; la Groenlandia finisce con un gruppo di isole alla sua estremità, e la Sicilia giace vicina alla terminazione meridionale dell' Italia.

Alcuni anni fa io espressi l'ipotesi [1] che tal fatto si potesse mettere in relazione con la notevole preponderanza dell'oceano nell'emisfero australe che, secondo Adhémar, sarebbe dovuta allo spostamento del centro di gravità della terra, prodotto dalla immensa cupola di ghiaccio che esiste al sud.

Per quanto possa essere così, è molto notevole la preponderanza dell'acqua nel sud. Prendendo ciascun parallelo come unità, la proporzione del mare è la seguente:

60°	nord	0,392	10°	sud	0,795
50°	»	0,438	20°	»	0,763
40°	»	0,538	30°	»	0,797
30°	»	0,567	40°	»	0,961
20°	»	0,574	50°	»	0,983
10°	»	0,758	60°	»	1,000
0°	»	0,783			

(1) *Nature*, 1877. — Vedi pure un foglio nel *Journ. Roy. Geogr. Soc.* 1895.

Senza entrare per il momento in una discussione circa la causa che ha prodotto questo notevole risultato, pare che il fatto dia, ad ogni modo, qualche schiarimento sopra la direzione meridionale dei promontori. A tal proposito supponiamo tre tratti di terra, ciascuno in direzione nord-sud e con un rilievo centrale, ma uno con un pendio generale verso sud, l'altro con un pendio verso nord, ed il terzo senza pendio alcuno. Naturalmente, il primo formerà una penisola con una punta verso sud, imperocchè quanto più si procede verso sud, tanto minor superficie sporgerà sopra l'acqua, finchè altro non rimane che la catena centrale. Il secondo tratto assumerebbe pure la stessa forma, imperocchè, prescindendo dall'ipotesi che la terra non s'abbassi, la graduale preponderanza dell'acqua produrrebbe il medesimo effetto.

Inoltre, se la catena montuosa centrale, come è generalmente il caso, presenta una serie di sommità distaccate, l'ultima di tali elevazioni che s'inalzi sopra il livello dell'acqua, formerà necessariamente un'isola. Ciò suggerisce una ragione possibile per la posizione di Ceylon, della Terra del Fuoco, ecc. Nondimeno l'Africa, a differenza delle altre terre che finiscono in punta a sud, non ha isole alla sua estremità. Quelle sono catene montuose piegate, e il Capo di Buona Speranza, al contrario, è una montagna a tavola, limitata da due aree convergenti di depressione, che s'incontrano a Capetown. In tal caso non potrebbe esserci un'isola.

Finora, a mia conoscenza, non è stata rilevata questa mia ipotesi se non dal prof. Penk, il quale la caratterizza come evidente per se stessa. Tuttavia può essere che non sia stata additata precedentemente, ed invero un'obbiezione, alla quale per lungo tempo io non vidi rispondere, mi fu mossa dal sig. Francis Galton. Egli obbiettò che

un'accumulazione d'acqua nell'emisfero boreale non darebbe promontori con la punta verso il nord. Io esaminai varie ipotesi di aumento dei mari settentrionali, ma invano. La spiegazione, secondo me, sta nella necessaria equivalenza delle grandi pieghe della superficie della terra.

Se le montagne piegate sono dovute, come sopra fu detto, ad una diminuzione del diametro della terra, ogni circolo massimo deve aver partecipato egualmente nella contrazione. Le pieghe ad est e ad west controbilancerebbero, dopo tutto, quelle dal nord al sud. In teoria deve essere così, ma ci manca il modo per attestarlo con cifre esatte. Tuttavia, è interessante osservare che mentre le catene montuose del Mondo Antico corrono press'a poco dall'E. all'W., quelle dell'America sono dirette in generale da N. a S. Parlando volgarmente, sembrerebbe che una serie stia a bilanciare l'altra, ed in tal modo si acquista un mezzo per comprendere il notevole contrasto presentato dai due emisferi. Di più, nell'emisfero boreale si hanno catene di montagne che corrono da E. ad W. — Pirenei, Alpi, Carpazi, Himalaya, ecc.; mentre in quello australe le grandi catene corrono da N. a S. — Ande, Catena Africana e il gran rilievo che forma l'Australia e la Tasmania.

Questa mi sembra quindi la risposta alla difficoltà avanzata dal Galton. Le principali catene montuose nell'emisfero australe, correndo da N. a S., ci dànno, se combinate con la preponderanza dell'acqua, i promontori meridionali terminati a punta. Ma tale preponderanza non darebbe nell'emisfero boreale promontori settentrionali finienti in punta, poichè qui le grandi pieghe non corrono da N. a S., ma dall'E. all'W.

In questo modo, perciò, l'equilibrio delle catene dall'E. all'W. e dal N. al S. in ciascun emisfero viene

spiegato dall'interpretazione delle grandi catene montuose mediante la pressione laterale ed il conseguente piegamento, e dalla necessità di contrazione press'a poco equivalente lungo ogni circolo massimo. Questa teoria, considerando la preponderanza dell'acqua nel sud, spiega ancora la tendenza che hanno le masse terrestri a terminare in punta verso il sud, ed a finire con un'isola o con un gruppo di isole; inoltre, rischiara con una luce interessante alcuni dei principali aspetti che si osservano nella configurazione della superficie della Terra.

APPENDICE

Opere e Memorie che si riferiscono al « Paesaggio della Svizzera ».

Memorie sulla Carta Geologica della Svizzera, preparata sotto la sorveglianza della Commissione Geologica Svizzera.

Foglio 1. Basilea — A. Müller 1864.
» 2. Grigioni — G. Theobald, 1864.
» 3. » » 1867.
» 4. Giura d'Argovia — C. Moesch, 1867.
» 5. Pilatus — F. J. Kaufmann, 1867.
» 6. Giura — A. Jaccard, 1869.
» 7. » » 1870. Supplemento 1893.
» 8. » J. B. Greppin, 1870.
» 9. Vallese — H. Gerlach, 1872.
» 10. Giura — C. Moesch, 1874.
» 11. Berna (Rigi e Svizzera Centrale) — F. J. Kaufmann, 1872.
» 12. Friburgo, Montsalvens — V. Gilliéron, 1873.
» 13. Gruppo del Sentis — Escher v. d. Linth, 1878.
» 14. San Gallo — Escher v. d. Linth, Gutzwiller, Kaufmann e Moesch, 1874.
» 15. Distretto del Gottardo — Karl v. Fritsch, 1873.

Foglio 16. Alpi di Vaud — E. Renevier, 1890.
» 17. Ticino — Torquato Taramelli, 1880.
» 18. Vaud, Friburgo e Berna — Gilliéron, 1885.
» 19. San Gallo, Turgovia e Sciaffusa — Gutzwiller e Schalch, 1883.
» 20. Alpi Bernesi — A. Baltzer, 1880.
» 21. Massiccio dell'Aar — E. v. Fellenberg e C. Moesch.
» 22. Berna, Vaud, Friburgo, Vallese e Chiablese — H. Schardt, E. Favre, G. Ischer, 1887.
» 23. Grigioni, Ticino — Fr. Rolle, 1881.
» 24. Svizzera Centrale — Baltzer, Kaufmann e C. Moesch, 1886. Supplementi 1887, 1888.
» 25. Reuss e Reno — Alb. Heim.
» 26. Monte Rosa — C. Schmidt.
» 27. Alpi Pennine — H. Gerlach, 1883.
» 28. Monte Bianco — A. Favre. 1884.
» 29. I Quattro Cantoni — 1887.
» 30. Berna — A. Baltzer, Fr. Jenny, E. Kissling.
» 31. Svizzera del Nord — Léon Du Pasquier.
» 32. Lago di Costanza e di Thun — C. Burckhardt, 1893.
» 33. Iberg nella valle della Sihl — E. C. Quereau.

Agassiz. Études sur les glaciers, 1840.

Ball. On Alpine Valleys and Lakes. Lond. and Edinb. Philos. Mag. 1863.

Baltzer. Der Glärnisch.

— Die Hochseen der Schw. Alpen. Humboldt, 1883.

Bertrand Prof. M. Alpes de Glarus. Bull. Soc. Géol. de France, 1884.

Bonney. Alpine Regions.

Bonney. Growth of the Alps. Alpine Journal, 1888, 1889.
— The Story of our Planet.
Bourdon. Le Canon du Rhône. Bull. Soc. Geol. d. France, 1894-1895.
Brockedon. Passes of the Alps.
Cezanne. Études sur les Torrents des Hautes Alpes.
Charpentier. Essai sur les Glaciers.
Coaz. Lawinen in den Schweizer Alpen. Bern. 1881.
Coolidge. Swiss Travel and Swiss Guide-Books.
Credner. Die Reliktenseen, 1887.
Croll. Climate and Time.
Davison. On the straining of the Earth from secular cooling. Proc. Roy. Soc., 1894.
— Cooling of the Earth's Crust. Philos. Trans. Roy. Soc., 1887.
De Saussure. Voyages dans les Alpes.
Desor. Die Moraine Landschaft. Verh. d. Schw. Nat. Gesellsch., 1872, 1873.
— Der Gebirgsbau der Alpen, 1865.
Diener. Der Gebirgsbau der Westalpen.
De Lapparent. Traité de Géologie.
Emden. Über das Gletscherkorn. Neue Denkschrift, V. 33, 1891.
Falsan et Chantre. Monogr. des Anc. Glaciers du bassin du Rhône, 1891.
Favre. Recherches Géolog. de la Savoie etc.
— Desc. Géol. du Canton de Genève, 1880.
Fellenberg. Berner Alpen. Journ. Schw. Alp. Club. Bd. 12, 1887.
Fisher. Physics of the Earth's Crust.
Forbes. Travels in the Alps.
Fraas. Scenerie der Alpen.
Früh. Beitr. zu Kenntniss der Nagelflue. Neue Denkschriften, 1890.

Gastaldi. Terr. sup. d. la Vallée du Po. Bull. Soc. Géol. d. France, 1849, 1850.
— Glacier erosion in Alpine Valleys. Quar. J. Geol. S., 1873.
Geikie A. Text-book of Geology.
— J. The Great Ice Age.
Gilbert. Geol. of the Henry Mountains. Unit. Stat. Geol. Survey, 1877.
Greenwood. Rain and Rivers.
Grémaud. Études sur les vallées primitives et les vallées d'érosion de Fribourg. Bull. Soc. Frib. des Sc. Nat. 1888.
Gümbel. Alpengebirge.
— Geologie aus dem Engadin. Journ. d. Nat. Gesel. Graubünden, Iahrg. 31.
Guyot. Sur la distribution des espèces de roches dans le bassin du Rhône. Bull. Soc. Neufchâtel. vol. I.
Hagenbach. Le Grain du Glacier. Arch. Sc. Phys. Suisse, 1882.
Haug. Origine des Préalpes Romandes. Arch. d. Sc. Genève, 1894.
Heer. Monde primitif de la Suisse.
Heim. Entstehung der Alpinen Randseen. Viertelg. Nat. Ges. Zürich, 1894.
— Erosion im Reussgebiet. Journ. d. Schw. Alp. Club, 1879.
— Handbuch der Gletscherkunde.
— Mechanismus der Gebirgsbildung. Geol. Monogr. d. Tödi- und Windgällen-gruppe. 2 vols.
Heim et De Margerie. Les dislocations de l'écorce terrestre, 1888.
Hugi. Über das Wesen der Gletscher und Winterreise in das Eismeer, 1842.
Leblanc. Sur la relation qui existe entre les grandes

hauteurs, les roches polies, les galets glaciaires, les lacs etc. Bull. Soc. Geol., Paris, 1842, 1843.

Lenthéric. Le Rhône, histoire d'un fleuve.

Livret-Guide Géologique dans le Jura et les Alpes. Pub. par le Comité d'organis. en vue de la VIème Session à Zurich, 1894.

Lloyd. Physiography of the Upper Engadine.

Lory. Str. des Mass. Centr. des Alpes. Bull. Soc. Géol. d. France. V. 3.

— Constr. Mass. Cryst. des Alpes Occid. Congr. Géol. int. London, 1888.

Lugeon. Géol. du Chiablais. Bull. Soc. Géol. d. France, 1893.

Lyell. Principles of Geology.

Martins. On ground moraine. Revue des deux mondes. Bull. Soc. Géol. d. France, 1841, 1842.

Mayer. La Mer glaciale au pied des Alpes. Bull. Soc. Géol. d. France, 1875, 1876.

Millard Reade. Origin of Mountains Ranges.

Mojsisovics. Beitr. z. Topischen Geol. d. Alpen; des Rhaetikon. Journ. Geol. Reichsamt. Wien 1873.

Morlot. Sur la subdivis. du terrain quatern. Bib. univers. 1855.

Mühlberg. Exc. im Basler und Solothurner Jura. Eclog. Geol. Helv. 1892, 1893.

— Geol. Verh. des Botzbergtunnel, etc. 1887-1890.

Murchison. On the Structure of the Alps. Quart. Journ. Geol. Soc. 1848.

Musy Prof. M. Le Canton de Fribourg. Disc. à l'Ouv. 74e Sess. Ann. Soc. Helv. d. Sc. Nat. Fribourg, 1891.

Noë et De Margerie. Les Formes du Terrain.

Penk. Die Donau.

— Die Vergletscherung der Deutschen Alpen.

— Morphologie der Erdoberfläche.

Philippson. Studien über Wasserscheiden, Leipzig, 1886.
Playfair. Illustrat. of the Huttonian theory, 1802.
Prestwich. Geology-Chemical, Physical and Stratigraphical.
Ramsay. On Lakes. Quart. Journ. Geol. Soc., Aug. 1862. Philos. Mag. 1864.
— On the Excav. of the valleys of the Alps. Philos. Mag., 1862.
Reclus. La Terre.
Rendu. Théorie sur les glaciers de la Savoie. Mém. Acad. Savoie, 1840.
Renevier. Mém. Géol. sur l. Perthe du Rhône, 1854.
— et **Golliez.** Alpes Centrales et Occidentales. Livret-Guide Géol., 1894.
Richthofen. Führer für Forschungsreisende.
Rollier. Sur les Lapiées. Bull. Soc. Sc. Nat. Neufchâtel, 1894.
Rothpletz A. Geotektonische Probleme, 1894.
Rütimeyer. Eiszeit und Pleiocene auf beiden Seiten der Alpen. Basel, 1876.
— Der Rigi.
— Ueber Thal- und See-bildung.
Saracin. De l'origine des roches exot. du Flysch. Arch. Sc. Genève, 1894.
Schardt. Struct. Géol. des Alpes Frib. et Vaud. Bib. univ. Genève, 1891.
— Chaîne du Reculet-Vuache. Eclog. Géol. Helv., 1891.
— Sur l'origine des Préalpes Romandes. Arch. Sc. Phys et Nat., 1893.
Schlagintweit. Neue Unters. ü. d. phys. Geogr. d. Alpen, 1850.
Schmidt. Die Klippen und exotischen Blöcke im Flysch. Act. Soc. Helv. Sc. Nat. Fribourg, 1891.
— Géologie de Zermatt.

Schmidt. Géol. du Massif du Simplon. Arch. Sc. Phys. et Nat. Genève, 1895.
Scrope. On the Origin of the Valleys. Geol. Mag. 1866.
Stapf. Geol. Prof. des St. Gotthard. Bern 1880.
— Geol. Ubersichtskarte der Gotthard Bahn, 1883.
Studer. Index der Petrographie.
— Geologie der Schweiz.
— Lehrbuch der physikalischen Geogr. und Geol.
Suess. Entstehung der Alpen.
— Das Antlitz der Erde.
Supan. Studien über die Thalbildung der öst. Graubünden, 1877.
Tarnützer. Wanderungen in der Bundnerischen Triaszone. Journ der Nat. Ges. Graubünden, 1893.
— Der Geol. Bau des Rhaetikon. Journ. d. Nat. Ges. Graubünden, 1892.
— Die Gletschermühlen auf Maloja.
Tyndall. Forms of Water.
— The Glaciers of the Alps.
— Hours of Exercise in the Alps.
Venetz. Mém. sur les variations de la température dans les Alpes.
Viollet Le Duc. Le Massif du Mont Blanc.
Walton. Peaks in Pen and Pencil. Edited by Bonney, 1872.
Whymper. Scrambles amongst the Alps, 1871.
Wills. Travels in the High Alps.

INDICE

B

C

M

P

Q

R

S

U

V

W

ULRICO HOEPLI, Editore in Milano.

Ist. Arti Grafiche, Bergamo.

Ghiacciaio del Rodano.